

# Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny

Drive4SIFood

Nitra 2023



EURÓPSKA ÚNIA  
Európsky fond regionálneho rozvoja  
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



**SPU·VC ABT**  
Výskumné centrum  
AgroBioTech



DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055226163>

## Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood

**Autori:** kolektív autorov

**Editorka:** Ing. Lucia Gabríny, PhD.

**Recenzenti:** prof. Ing. Marta Habánová, PhD.  
doc. Mgr. Ing. Danka Moravčíková, PhD.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

This publication was supported by the Operational Program Integrated Infrastructure within the project: Demand-driven Research for the Sustainable and Innovative Food, Drive4SIFood 313011V336, cofinanced by the European Regional Development Fund.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre ako zborník prác z odbornej konferencie dňa 29. 6. 2023.



EURÓPSKA ÚNIA  
Európsky fond regionálneho rozvoja  
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



SPU·VC ABT  
Výskumné centrum  
AgroBioTech



Toto dielo je publikované pod licenciou Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Public License (CC BY-NC-ND 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.  
Prvé vydanie.

**ISBN 978-80-552-2616-3**

DOI: <https://doi.org/10.15414/2023.9788055226163>

## Obsah

Aktivita 1: Zachovanie zdravej pôdy pre produkciu zdravých potravín .....	4
Aktivita 2: Molekulárno-genetické hodnotenie potravinových zdrojov a potravín na podporu inteligentných riešení personalizácie výživových požiadaviek.....	9
Aktivita 3: Účinok pergy na mikroskopickú štruktúru pečene Zucker diabetických obeznych (ZDF) potkanov.....	13
Aktivita 4: Minoritné plodiny s potenciálom využitia pri príprave potravín s chemoprotektívnym účinkom na zdravie konzumentov.....	18
Aktivita 5: Progresívne riešenia využitia biomasy v biohospodárstve.....	27
Aktivita 6: Ekonomické a právne aspekty zdravých potravín.....	38
Aktivita 7: Potravinový inkubátor ako nástroj na podporu vývoja inovatívnych potravín.....	46
Aktivita 8: Moderné systémy a procesy pre konkurencieschopnú produkciu bezpečných potravín.....	55
Aktivita 9: Procesy a technológie pre vyššie zhodnotenie biomasy a potravinových odpadov .....	62
Aktivita 10: Nové prístupy k znižovaniu spotreby antibiotík vo výžive zvierat v kontexte posilnenia potravinovej bezpečnosti a kvality potravín.....	69
Aktivita 11: Nové funkčné potraviny založené na koncepte potencovaných probiotík na podporu ľudského zdravia.....	76
Aktivita 12: Vývoj nových druhov potravín a nápojov s pozitívnym účinkom na zdravie spotrebiteľov.....	87
Aktivita 13: Láskevce ako inovatívny genetický zdroj .....	93
Aktivita 14: Názov príspevku: Nápoje s biologicky aktívnymi látkami .....	99
Aktivita 15: Implementácia nových vedeckých poznatkov v oblasti priemyselného výskumu progresívnych funkčných potravín.....	106

## **Aktivita 1: Zachovanie zdravej pôdy pre produkciu zdravých potravín**

*Ladislav Ducsay<sup>1\*</sup>, Erika Tobiášová<sup>1</sup>, Jakub Sitkey<sup>1</sup>, Ivan Černý<sup>1</sup>, Milan Macák<sup>1</sup>,  
Alena Andrejiová<sup>2</sup>, Soňa Javoreková<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Ústav agronomických vied, FAPZ SPU v Nitre*

<sup>2</sup>*Ústav záhradníctva FZKI SPU v Nitre*

<sup>3</sup>*Ústav biotechnológie FBP SPU v Nitre*

\* [ladislav.ducsay@uniag.sk](mailto:ladislav.ducsay@uniag.sk)

### **Abstrakt**

Cieľom aktivity bola realizácia výskumných činností smerujúcich k aktívnemu zabráneniu degradácie pôdy a jej ochrane pred znehodnotením reguláciou C, N a ostatných živín a udržanie jej úrodnosti, za účelom produkcie kvalitných a zdraviu prospešné potravín. Aktivity sa realizovali na nosných poľných maloparcelových pokusoch v rokoch 2021 – 2022. Základné míľniky výskumnej aktivity boli zamerané na: návrh mechanizmov na stabilizáciu organického uhlíka v pôde, zhodnotenie vplyvu inhibítorov nitrifikácie na kvalitatívne a kvantitatívne zmeny pôdneho prostredia, zhodnotenie vplyvu biofortifikácie selénom a biologicky aktívnych látok, zhodnotenie vplyvu mikroorganizmov ako významných indikátorov poľnohospodárskej činnosti, zhodnotenie multireziduálnej analýzy pesticídov v pôde pri pestovaní záhradníckych plodín ako aj na výskum indikátorov produkčnej a adaptačnej kapacity plodínového systému a cieľných vstupov v systéme plodina-pôda pre parametrizáciu udržateľných pestovateľských systémov.

**Kľúčové slová:** výživa, pôda, zdravie, potraviny

### **Úvod**

Pôdna biodiverzita je dôležitým aspektom trvalo udržateľného využívania poľnohospodárskej pôdy na celom svete. Pôdna biota zohráva veľa základných úloh pri poskytovaní kľúčových výrobkov a služieb ekosystémov a je priamo aj nepriamo zodpovedná za vykonávanie mnohých dôležitých funkcií, ako je výroba potravín, cyklus živín, regulácia zásob a prietoku vody pohyb sedimentov a pod. Medzi ohrozené oblasti biodiverzity patria: oblasti s vysokou hustotou obyvateľstva a / alebo intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou (napríklad obilniny a priemyselné plodiny, chov zvierat, skleníky, ovocné sady, vinohradníctvo

a záhradníctvo). Zabránenie degradácie pôdy – neustála starostlivosť o pôdu a zachovanie jej úrodnosti – zabránenie stratám pôdnej organickej hmoty (neustála kontrola bilancie organickej hmoty). Organické látky v pôde a biodiverzita v niektorých oblastiach klesajú a významnými problémami sú zhutňovanie, salinizácia a kontaminácia. Rôzne štúdie ukazujú, že na celom svete sa každoročne stratí okolo 10 miliónov hektárov ornej pôdy v dôsledku degradácie.

## Materiál a metódy

Aktivity boli realizované na poľných maloparcelových pokusoch v rokoch 2021 – 2022 so zameraním na: (1.) hodnotenie vplyvu diferencovanej výživy a pôdnych biostimulantov na kvantitatívne a kvalitatívne parametre jahody obyčajnej (*Fragaria vesca*) a karfiolu (*Brassica oleracea* sk. *Botrytis*) s dôrazom na zachovanie zdravej pôdy, (2.) hodnotenie vplyvu inhibítorov nitrifikácie a biostimulantov na zmeny agrochemických vlastností pôdy a kvalitatívne a kvantitatívne parametre poľných plodín, (3.) hodnotenie vplyvu diferencovanej výživy na kvantitatívne a kvalitatívne parametre kalerábu (*Brassica oleracea* sk. *Gongylodes*) s dôrazom na zachovanie zdravej pôdy.

Miesta realizácie poľných maloparcelových pokusov boli: (1.) Botanická záhrada pri SPU v Nitre; Ústav zeleninárstva FZKI, (2.) Výskumno-šľachtiteľská stanica Vigľaš-Pstruša, ÚKSUP Želiezovce, ÚKSUP Veľký Meder, Experimentálna báza Malanta, (3.) Botanická záhrada Mendelovej univerzity v Brne.

Každá aktivita mala priradeného kľúčového výskumného pracovníka (Tabuľka 1).

**Tabuľka 1** Kľúčoví výskumní pracovníci

Kľúčoví výskumní pracovníci Aktivity 1		
prof. Ing. Erika Tobiášová, PhD.	Ústav agronomických vied (FAPZ) SPU	erika.tobiasova@uniag.sk
doc. Ing. Ivan Černý, PhD.	Ústav agronomických vied (FAPZ) SPU	ivan.cerny@uniag.sk
doc. Ing. Milan Macák, PhD.	Ústav agronomických vied (FAPZ) SPU	milan.macak@uniag.sk
prof. Ing. Soňa Javoreková, PhD.	Ústav biotechnológie (FBP) SPU	sona.javorekova@uniag.sk
doc. Ing. Alena Andrejiová, PhD.	Ústav záhradníctva (FZKI) SPU	alena.andrejiova@uniag.sk

### **1. Hodnotenie vplyvu diferencovanej výživy a pôdnych biostimulantov na kvantitatívne a kvalitatívne parametre jahody obyčajnej (*Fragaria vesca*) a karfiolu (*Brassica oleracea* sk. *Botrytis*) s dôrazom na zachovanie zdravej pôdy**

Realizácia poľných maloparcelových pokusov bola v botanickej záhrade pri SPU v Nitre na Ústave zeleninárstva FZKI, v rokoch 2021 (III.- X.) – 2022 (III.- X), pričom boli

využitú modelovú plodinu: karfiol - odroda: Toledo F1 (firma: Bejo Zaden Holandsko) a jahody – odroda: JOLY. Aplikovaných bolo 12 variantov po 3 opakovania, počet rastlín v jednom opakovaní: 9 (karfiol) / 9 (jahody).

Realizované analýzy na poľných pokusoch boli :

Agrochemické vlastnosti pôdy a rastlinného materiálu, celkový organický uhlík a labilný uhlík, agregátové zloženie pre fyzikálnu stabilizáciu uhlíka, vodorozpustné uhlíky, skupinové zloženie humusových látok, hodnotenie mikrobiálnej zložky pôdy a pôdneho mikrobiómu stanovenie obsahu vitamínu C, stanovenie obsahu dusičnanov, stanovenie obsahu celkových polyfenolov, stanovenie antioxidačnej kapacity, stanovenie obsahu Se.

Zodpovední riešitelia aktivity: doc. Ing. Alena Andrejiová, PhD., doc. Ing. Oleg Paulen, PhD., prof. Ing. Soňa Javoreková, PhD., doc. Ing. Jana Maková, PhD., prof. Ing. Erika Tobiášová, PhD., prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr., Ing. Jakub Sitkey, Ing. Samuel Adamec, PhD.

## **2. Hodnotenie vplyvu inhibítorov nitrifikácie a biostimulantov na zmeny agrochemických vlastností pôdy a kvalitatívne a kvantitatívne parametre poľných plodín**

Realizácia poľných maloparcelových pokusov bola vo Výskumno-šľachtiteľská stanica Vigľaš-Pstruša, ÚKSUP Želiezovce a Experimentálna báza Malanta.

Realizované analýzy na poľných pokusoch boli :

Analýza agrochemických vlastností pôdy a rastlinného materiálu a kvantitatívne a kvalitatívne parametre dopestovaných úrod.

Zodpovední riešitelia aktivity: PhD., prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr., doc. Ing. Ivan Černý, PhD., doc. Ing. Milan Macák, PhD.

## **3. Hodnotenie vplyvu diferencovanej výživy na kvantitatívne a kvalitatívne parametre kalerábu (*Brassica oleracea* sk. *Gongylodes*) s dôrazom na zachovanie zdravej pôdy.**

Realizácia nádobového pokusu bola v Botanickej záhrade Mendelovej univerzity v Brne. Cieľom jednoročného pokusu s kalerábom bolo odhadnúť obohatenie pôdy živinami po aplikácii rôznych hnojív. Pokus v nádobách bol založený v roku 2021 so 4 ošetreniami: 1) neošetrená kontrola; 2) močovina; 3) digestát; 4) digestát + slama.

Realizované analýzy:

Stanovenie obsahu vitamínu C, stanovenie obsahu dusičnanov a stanovenie antioxidačnej kapacity

Zodpovedný riešiteľ: prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.

## **Výsledky**

Výsledkom výskumných aktivít boli zrealizované výstupy vedeckých riešiteľov, pričom bolo publikovaných 16 výstupov, z toho 8 CCC vo vedeckých časopisoch a 10 výstupov v rozličných zborníkoch. V rámci aktivít bolo realizovaných osem záverečných prác I., II. stupňa a jedna III. stupňa denného štúdia.

## **Záver**

Cieľom aktivity bola realizácia výskumných činností smerujúcich k aktívnemu zabráneniu degradácie pôdy a jej ochrane pred znehodnotením reguláciou C, N a ostatných živín a udržanie jej úrodnosti, za účelom produkcie kvalitných a zdraviu prospešné potravín. Aktivity sa realizovali na nosných poľných maloparcelových pokusoch v miestach: (1.) Botanická záhrada pri SPU v Nitre; Ústav zeleninárstva FZKI, (2.) Výskumno-šľachtiteľská stanica Vigľaš-Pstruša, ÚKSUP Želiezovce, Experimentálna báza Malanta, (3.) Botanická záhrada Mendelovej univerzity v Brne v rokoch 2021 – 2022. Základné míľniky výskumnej aktivity boli zamerané na: návrh mechanizmov na stabilizáciu organického uhlíka v pôde, zhodnotenie vplyvu inhibítorov nitrifikácie na kvalitatívne a kvantitatívne zmeny pôdneho prostredia, zhodnotenie vplyvu biofortifikácie selénom a biologicky aktívnych látok, zhodnotenie vplyvu mikroorganizmov ako významných indikátorov poľnohospodárskej činnosti, zhodnotenie multireziduálnej analýzy pesticídov v pôde pri pestovaní záhradníckych plodín, ako aj na výskum indikátorov produkčnej a adaptačnej kapacity plodinového systému a cielených vstupov v systéme plodina-pôda pre parametrizáciu udržateľných pestovateľských systémov

Jednotlivé ciele a stanovené míľniky sa pracovníkom pod vedením kľúčových výskumných pracovníkov úspešne podarilo naplniť, čo naznačuje vysoká publikačná činnosť vo vedeckých časopisoch a domácich i zahraničných zborníkoch, aktívna účasť riešiteľov na zahraničných konferenciách a úspešne obhájených záverečných prác.

## **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



## Aktivita 2: Molekulárno-genetické hodnotenie potravinových zdrojov a potravín na podporu inteligentných riešení personalizácie výživových požiadaviek

Jana Žiarovská<sup>1\*</sup>, Katarína Ražná<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, SR

\*[jana.ziarovska@uniag.sk](mailto:jana.ziarovska@uniag.sk)

### Abstrakt

Výskumné činnosti v oblasti molekulárno-genetického hodnotenia potravinových zdrojov a potravín na podporu inteligentných riešení personalizácie výživových požiadaviek zahŕňali implementáciu najmodernejších prístupov a pyramidovanie kaskád jednotlivých analýz v oblastiach aplikovaných postupov *in vitro* kultivácie pletivových kultúr rastlín, molekulárnych analýz, morfometrických analýz a klinickej štúdie. Aktivita prepojila výskumné činnosti v oblasti rastlín, živočíchov aj mikroorganizmov, pričom riešením aktivity boli získané originálne výsledky v oblastiach identifikácie molekulárnej bezpečnosti tradičných a nových bielkovín v personalizovanej výžive, identifikácie pridanej hodnoty potravinových zdrojov rastlín s presahom do humánných nutrigenomických regulačných mechanizmov, hodnotenia genetickej diverzity potravinových zdrojov v identifikácii pridanej hodnoty unikátnych genotypov, a v oblasti charakteristiky relevantných metabolických dráh potravinových zdrojov.

**Kľúčové slová:** genetická variabilita, molekulárna bezpečnosť, markéry stresu, polymorfizmus, metabolické dráhy

### Úvod

Výskum v oblasti genetiky, genomiky a transkriptomiky vo svetovej vede v súčasnosti tvorí neoddeliteľnú časť, ktorá priamo prepája primárne poznatky o genetických zdrojoch rastlín a mikroorganizmov využívaných v potravinárstve s oblasťou ich následnej environmentálnej adaptability, ako aj molekulárnej bezpečnosti a cielenej orientácie na podporu personalizácie ich ďalšieho spracovávania do podoby funkčných, bezpečných a smart potravín. Orientácia moderného potravinárskeho trhu na alternatívne, tradičné a biologicky aktívne rastlinné druhy je v priamom prepojení na riešenie výskumných úloh na tieto druhy viazané,

a to v širokom spektre morfológických, cez fyziologické a genetické, až po nutraceutické charakteristiky a ich testovanie v klinických štúdiách.

## **Míľníky výskumných činností v aktivite 2**

Výsledkom výskumu v oblasti -omík ako nástroja molekulárno-genetického hodnotenia bezpečnosti potravinových zdrojov a potravín je vytvorenie viacerých metodík, ako aj rozšírenie poznania v danej oblasti, ktoré prostredníctvom publikácií vo vedeckých periodikách a monografiách budú slúžiť ako základ pre ďalšie aplikačné výstupy.

Kolektív Aktivity 2 pracoval v zložení:

Metodické riešiteľky – prof. Ing. PaedDr. Jana Žiarovská, PhD.; prof. Ing. Katarína Ražná, PhD.

Riešiteľský kolektív: doc. Ing. Janka Nôžková, PhD.; Ing. Veronika Štefúnová, PhD.; prof. RNDr. Zdenka Gálová, CSc.; doc. Mgr. Želmíra Balážová, PhD.; doc. Ing. Martin Vivodík, PhD.; Ing. Milan Chňapek, PhD.; RNDr. Jana Mrázová, PhD.; Ing. Jana Kopčeková, PhD.; Ing. Petra Lenártová, PhD.; doc. Ing. Martina Gažarová, PhD.; Ing. Lucia Urbanová, PhD., Ing. Lucia Klongová; Ing. Ivana Spevákova, PhD.; Ing. Matúš Kysel, PhD.; Mgr. Jana Bilčíková, PhD.; RNDr. Veronika Fialková, PhD.; Dr. Ing. Miroslava Požgajová

Doktorandský kolektív: Ing. Silvia Farkasová; Ing. Dagmar Moravčíková; Ing. Lubomír Harenčár; Ing. Adam Kováčik

### Míľnik 1 - Identifikácia molekulárnej bezpečnosti tradičných a nových bielkovín v personalizovanej výžive

V oblasti molekulárnej bezpečnosti boli analýzy zamerané na genomické a proteomické hodnotenie alergénov rastlinných genetických zdrojov. Bol vyvinutý protokol analýzy polymorfizmu homológov Bet v 1 alergénu, ktoré sa uplatňujú v krížových reakciách alergikov sensitizovaných jarnými polinózami (Žiarovská, Urbanová; 2022), pričom tento modelový alergén bol riešený aj na úrovni analýz prirodzených rozdielov v mRNA transkripcii (Žiarovská et al., 2021). Tento protokol je v rámci rastlinnej riše univerzálne použiteľným markérovacím systémom a bol aplikovaný na rôzne druhy v rámci jednoklíčolistových (Farkasová et al., 2023) aj dvojkľíčnoslitových rastlín (Spevákova et al., 2021; Urbanová, Žiarovská, 2021). Ako ďalšia bola vyvinutá metodika analýzy homológov alergénov strukovín, ktorá bola aplikovaná na rôzne druhy strukovín (Klongová et al., 2021) a realizované boli *in silico* analýzy alergénov

cereálií a pseudocereálií (Kysel' et al., 2022). Aplikáciou moderných biotechnologických metód (2DE, Western blott, hmotnostná spektrometria MALDI-TOF) a následným porovnaním s databázou Allergome bola stanovená prítomnosť potenciálne alergénnych bielkovín v pšenici, pohánke a ovsí (Chňápek et al., 2022).

### Míľník 2 - Identifikácia pridanej hodnoty potravinových zdrojov rastlín s presahom do humánných nutrigenomických regulačných mechanizmov

V prípade míľníka 2 boli v projekte rozpracované viaceré oblasti výskumu. V prvej oblasti sa riešiteľský kolektív zamerl na otázky špecifikácie metodiky elicitácie lignanov ľanu siateho rôznymi farebnými spektrami svetla, za účelom identifikácie vhodných stimulačných podmienok syntézy lignanov a možného využitia týchto postupov pre tvorbu potravín fortifikovaných lignanmi (Ražná et al., 2021). Druhá oblasť výskumu sa zamerlala na realizáciu riadenej klinickej štúdie testovania dvoch genotypov ľanu s rozdielnym zastúpením lignanov (dáta v spracovaní). V tretej oblasti boli riešené otázky extrakcie slizovitých látok semien ľanu siateho a ich antioxidantné, antimikrobiálne a biochemické analýzy (Kučka et al., 2022).

### Míľník 3 - Zhodnotenie genetickej diverzity potravinových zdrojov v identifikácii pridanej hodnoty unikátnych genotypov

Analýzy genetickej rozmanitosti jednotlivých potravinársky využívaných druhov sú zdrojom informácií ako fylogenetického, tak aj šľachtiteľského významu. Riešením projektu boli získané originálne výsledky z oblasti bielkovinového aj DNA markérovania. Bola uskutočnená determinácia genetickej diverzity vybraných druhov plodín (kukurica siata, fazuľa záhradná, pohánka jedlá a tatárska, ovos siaty, sója fazuľová, ricín obyčajný) na základe bielkovinových a DNA markérov. Uvedené druhy potravinársky zaujímavých semien rastlín boli hodnotené pomocou SCoT, RAPD, Trap a SSR markerov, ako aj aplikáciou elektroforetických metód (SDS-PAGE, A-PAGE, 2DE) a ich vyhodnotenie zostrojením dendrogramov genetickej príbuznosti (Hromadová et al., 2022; Mikolášová et al., 2022; Ražná et al., 2022; Vivodík et al., 2022.; Žiarovská et al., 2022). Rovnako boli DNA markéry aplikované v analýzach odpovedi raslinných genómov na podmienky abiotického stresu (Ražná et al., 2022; Žiarovská et al., 2022).

### Míľník 4 - Charakteristika relevantných metabolických dráh potravinových zdrojov

V tejto oblasti bol výskum zameraný na štúdium vplyvu potravinových a environmentálnych kontaminantov na eukaryotický organizmus, pričom sa pracovalo

s modelovým organizmom kvasinkou *Schizosaccharomyces pombe* so zameraním sa na odpoveď organizmu na stres a biologicky aktívne látky hodnotením iónovej homeostázy a na molekulárnej úrovni prostredníctvom sledovania zmien v expresii vybraných génov (Požgajová et al., 2022; Kovár et al., 2022; Navrátilová et al., 2023). Ďalší výskum bol zameraný na vytvorenie *in silico* predikcie mikroRNA zapojených do regulácie biosyntetických dráh lignanov a kyanogénnych glykozidov (Ražná et al., 2022). Bolo vyselektovaných 441 sekvencií z celkového počtu 44 885 zreých mikroRNA, z ktorých 15 je zapojených do biosyntetickej dráhy lignanov, 10 do metabolickej dráhy kyanogénnych glykozidov a 6 z nich je schopných regulovať obe tieto dráhy.

## **Záver**

Hodnotenie, charakterizácia a klasifikácia genetických zdrojov rastlín v morfológických, genomických a transkriptomických znakoch umožňuje rýchlu selekciu vhodných genetických zdrojov využiteľných v následnej šľachtiteľskej a biotechnologickej praxi, a tým aj rozšírenie vstupného portfólia genetických zdrojov využívaných v produkcii potravín. Prístupy komplexného hodnotenia potravinových zdrojov následne umožňujú produkciu kvalitných potravín smerom k smart riešeniam personalizácie výživových požiadaviek už v procese ich vývoja.

## **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

### **Aktivita 3: Účinok pergy na mikroskopickú štruktúru pečene Zucker diabetických obéznych (ZDF) potkanov**

*Peter Massányi<sup>1</sup>, Kristína Lakomčíková<sup>1</sup>, Anna Kalafová<sup>1</sup>, Robert Stawarz<sup>2</sup>,  
Marcela Capcarová<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,  
Ústav aplikovanej biológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra*

*\*[marcela.capcarova@uniag.sk](mailto:marcela.capcarova@uniag.sk)*

#### **Abstrakt**

*Diabetes mellitus (DM) sa stáva čoraz rozšírenejšou chorobu, ktorá výrazne znižuje kvalitu života ňou postihnutých ľudí. Napriek tomu, že v dnešnej dobe medicína napreduje veľmi rýchlo, alternatívne spôsoby liečby sa stávajú čoraz viac populárnejšími. Cieľom práce bolo skúmanie účinku pergy (včelí chlieb) na mikroskopickú štruktúru pečene. Výskum bol aplikovaný na ZDF potkanoch (n=20) rozdelených do dvoch skupín, z ktorých bola jedna kontrolná a druhá experimentálna. V kontrolnej skupine bola potkanom podávaná voda pomocou gastrickej sondy priamo do žalúdka zvierat. V experimentálnej skupine bola rovnakým spôsobom podávaná homogenizovaná perga (700 mg/kg živej hmotnosti na deň). Štatisticky preukazné zmeny ( $P < 0,05$ ) sme zaznamenali pri percentuálnom zastúpení parenchýmu a pri počte jadier na plochu, pričom pri oboch sme pozorovali zníženie zastúpenia, resp. počtu týchto štruktúr. Napriek tomu nemôžeme s určitosťou potvrdiť účinok pergy na mikroskopickú štruktúru pečene a preto do budúcnosti odporúčame ďalšie doplňujúce výskumy.*

**Kľúčové slová:** perga, pečeň, histológia, ZDF potkany

#### **Úvod**

Pečeň (hepar) je jeden z najdôležitejších orgánov ľudského aj zvieracieho organizmu. Reprezentuje metabolické centrum tela a z funkčného hľadiska je zaradovaná do tráviaceho traktu stavovcov. U človeka ju možno lokalizovať na pravej strane brušnej dutiny pod klenbou bránice. Pečeň zastáva rolu najväčšej exokrinnej žľazy v organizme a má nenahraditeľnú účasť na intermediárnej premene, trávení, vstrebávaní, resorpcii a vylučovaní látok. Zároveň ide o najťažší a druhý najväčší orgán organizmu, ktorý môže v priemere vážiť až 1,5 kilogramov

u človeka, avšak hmotnosť je individuálna u každého jedinca a je silne závislá od telesnej veľkosti a od pohlavia. Z histologického hľadiska možno poznamenať, že až 80 % hmotnosti pečene predstavujú pečeňové bunky – hepatocyty (Čalkovská, 2017).

Z mikroskopického hľadiska je pečeň tvorená funkčným tkanivom (parenchýmom) a strómou. Parenchýmová hmota je zložená z vlastných pečeňových buniek – hepatocytov – a predstavuje funkčnú jednotku pečene. Hepatocyty zastupujú až dve tretiny celkovej bunkovej populácie. Zvyšnú jednu tretinu tvoria neparenchymatické bunky, kam radíme Kupfferove bunky, endotelové bunky sínusoid, epitelové bunky žľazových ciest, Itove bunky, Pit bunky a cholangiocyty (Hůlek, 2018). Tieto sú na základe ich kolektívneho fungovania schopné syntetizovať, metabolizovať a eliminovať z chemického hľadiska rozličné komplexné molekuly a taktiež vykonávať funkcie imunitného systému (Grisham, 2020).

*Diabetes mellitus* alebo cukrovka je dnes veľmi známa choroba. Niektorí odborníci ju častokrát označujú aj ako „chorobu 21. storočia“, keďže v poslednej dobe možno sledovať jej prudký nárast. Typicky je *diabetes* charakterizovaný zvýšeným množstvom glukózy v krvi a výraznými zdravotnými komplikáciami. WHO definuje DM ako chronickú metabolickú chorobu charakterizovanú zvýšenými levelmi glukózy v krvi, čo v priebehu času vedie k závažnému poškodeniu srdca, krvných ciev, očí, obličiek a nervov (Gospin, 2017).

Hlavným cieľom práce bolo zistiť účinok pergy na mikroskopickú štruktúru pečene u ZDF potkanov po podaní *in vivo*.

## **Materiál a metódy**

V rámci pokusu zohrávali úlohu experimentálneho zvieratá potkany samčieho pohlavia z kmeňa Zucker diabetické obézne (ZDF) potkany, ktoré mali prítomnú mutáciu *fa/fa*. Všetky ZDF potkany boli vo veku 3 mesiace a boli zaobstarané v Chovnom zariadení Ústavu experimentálnej farmakológie a toxikológie (Dobrá Voda, Slovenská Republika, SK U 25016). Potkanom bola podávaná perga (včelí chlieb) v dávke 700 mg/kg živej hmotnosti na deň. Podmienky vykonaného pokusu boli povolené etickou komisiou a Štátnou veterinárnou správou Slovenskej republiky pod registračným číslom 2288/16-221.

Potkany boli rozdelené do dvojíc, pričom jednotlivé dvojice boli držané v chovnej klietke. Zvieratá boli počas trvania experimentu umiestnené v hale, kde bola udržiavaná teplota v rozpätí 23 – 25°C. Počas experimentu im bola denne podávaná strava v podobe krmnej zmesi pre potkany a myši. Voda spolu s krmnou zmesou bola počas celého experimentu dodávaná *ad libitum*. Experiment trval po dobu 3 mesiacov.

V pokuse bolo 20 samcov potkanov kmeňa ZDF, ktoré boli delené následne na 2 skupiny. V prvej skupine bolo 10 diabetických tučných potkanov slúžiacich ako kontrolná skupina prijímajúca vodu (DK skupina). V druhej skupine boli potkany, ktoré denne prijímali pomocou gastrickej sondáže pergu v množstve (700 mg/kg živej hmotnosti; DP skupina).

Po usmrtení zvierat boli ich orgány zvážené, ich hmotnosť bola zaznamenaná a bezprostredne sa uložili sa do 10 %-ného formaldehydu. Orgány boli dehydratované v rade etanolu so zvyšujúcou sa koncentráciou. Takto upravené orgány boli vložené do parafínového vosku. Následne boli zhotovené rezy o hrúbke 7 – 10  $\mu\text{m}$ , ktoré boli zafarbené eozínom a hematoxylínom. Preparáty boli hodnotené pomocou svetelného mikroskopu (C 5060 WZ) a analytického softvéru (ImageFocus 4.0).

Z dosiahnutých výsledkov sme s využitím štatistického programu GraphPad Prism 9 (GraphPad Software incorporated, San Diego, California, USA) získali hodnoty základných štatistických charakteristík (priemer  $\pm$  smerodajná štandardná odchýlka, minimum a maximum). Významné rozdiely kontrolnej skupiny v porovnaní s pokusnou skupinou sme zistili vykonaním nepárového Studentovho t – testu.

## Výsledky a diskusia

Zo subjektívneho pohľadu neboli medzi kontrolnou a experimentálnou skupinou viditeľné žiadne výrazné zmeny. Centrálné vény a aj ďalšie cievy boli prítomné a vyzerali veľkosťou rovnaké. Sínusoidy boli dobre viditeľné a vyskytovali sa v dostatočnom množstve. Počet jadier sa zdal byť jednotný v rámci skupín aj medzi nimi navzájom, taktiež aj ich priemer a priemer centrálnych vén.

Prvým pozorovaným parametrom bolo zastúpenie parenchýmu a centrálnych vén. Po hodnotení jednotlivých preparátov sme zistili, že priemerné zastúpenie parenchýmu v kontrolnej skupine predstavovalo  $96,49 \pm 2,71$  %. Priemerné zastúpenie parenchýmu kontrolnej skupiny bolo vyššie v porovnaní s pokusnou skupinou, u ktorej bola zistená hodnota  $95,42 \pm 3,11$  %. Bol teda zaznamenaný priemerný pokles o 1,07 %. Po štatistickom vyhodnotení sme zistili, že rozdiel v zastúpení parenchýmu medzi kontrolnou a pokusnou skupinou je štatisticky signifikantný s úrovňou významnosti  $P < 0,05$ . U experimentálnej skupiny sme zaznamenali priemerné zvýšenie zastúpenia vén o 1,073 % ( $P < 0,05$ ).

Ďalší sledovaný parameter bol priemer centrálnych vén. V kontrolnej skupine sme zistili, že priemerná veľkosť priemeru vén bola  $53,44 \pm 17,50$   $\mu\text{m}$ . Priemer experimentálnej skupiny bol 56,09  $\mu\text{m}$  so smerodajnou odchýlkou 22,59. Na základe zhodnotenia počtu jadier

buniek pečene sme určili, že priemerný počet jadier na nami určenú plochu ( $10\,000\ \mu\text{m}^2$ ) bol v experimentálnej skupine  $67,04 \pm 1,85$ . Tieto údaje boli vyššie ako v kontrolnej skupine, kde bol priemer počtu jadier  $60,84 \pm 1,68$ . Na základe tohto môžeme povedať, že priemerný počet jadier na plochu priemerne klesol o 6,20. V kontrolnej skupine bola nameraná priemerná veľkosť priemeru jadier hepatocytov v hodnote  $6,05 \pm 0,39\ \mu\text{m}$ . V prípade experimentálnej skupiny bol zistený priemer  $6,49 \pm 0,35\ \mu\text{m}$ . Zo štatistického hľadiska sme nezaznamenali vplyv pergy na zmenu priemeru jadier.

Včelí peľ, predstavujúci prírodný produkt pochádzajúci z výroby včiel, sa už v minulosti využíval v ľudovom liečiteľstve. Spolu s narastajúcou popularitou alternatívnej liečby zároveň stúpol aj záujem o tento produkt a o jeho možné využitie na liečbu rôznych chorôb, keďže má mnohé prospešné účinky na ľudský aj zvierací organizmus. Medzi tieto účinky patrí okrem iného jeho antitumorová, antioxidačná, antibakteriálna a hepatoprotektívna aktivita. Vyjmúc tieto vlastnosti, včelí peľ predstavuje vhodnú látku na preventívne používanie proti rozvoju chorôb spájaných so škodlivými voľnými radikálmi (Huang et al., 2017), zároveň predstavuje vysoko energetickú látku, ktorá má vysokú nutričnú hodnotu. Podľa Feás et al. (2012), ktorí skúmali energetickú hodnotu včelieho peľu, sa táto pohybovala od 396,4 až po 411,1 kcal.100 g<sup>-1</sup>. Tieto výsledky potvrdzujú, že včelí peľ predstavuje výborný zdroj energie a možno ho označiť aj ako „perfektné komplexný pokrm“.

## Záver

Práca bola zameraná na sledovanie účinku pergy na mikroskopickú štruktúru pečene ZDF potkanov. Účinok pergy na pečeň bol vyhodnotený pomocou sledovania histologických parametrov v kontrolnej a pokusnej skupine a ich vzájomným porovnaním. Po štatistickom zhodnotení výsledkov nášho výskumu sme dospeli k záveru, že perga má preukázateľný vplyv na mikroskopickú stavbu pečene. Pri dvoch sledovaných parametroch sme nezaznamenali žiadny viditeľný rozdiel. Išlo o priemer jadier hepatocytov a priemer centrálnych vén, ktoré zostali u pokusnej skupiny nezmenené. Medzi zmeny, ktoré sa naopak preukázali štatisticky významné patrí pokles zastúpenia parenchýmu v pečeni a pokles počtu jadier hepatocytov, pričom tieto zistenia sa navzájom podporujú. Je dôležité spomenúť, že zatiaľ nie je stanovené žiadne optimálne dávkovanie tohto včelieho výrobku a takisto existujúca korelácia medzi zdravotnými benefitmi a druhom rastliny, z ktorej peľ pochádza. Do budúcnosti odporúčame ďalšie doplnujúce výskumy, vzhľadom na vysoký potenciál včelích produktov a narastajúcu morbiditu pacientov spôsobenú DM2T.



## **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vĎaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 4: Minoritné plodiny s potenciálom využitia pri príprave potravín s chemoprotektívnym účinkom na zdravie konzumentov**

*Alena Vollmannová<sup>1\*</sup>, Ivana Tirdil'ová<sup>2</sup>, Monika Ňorbová<sup>1</sup>, Janette Musilová<sup>1</sup>, Judita Lidiková<sup>1</sup>, Tatiana Bojňanská<sup>1</sup>, Dana Urminská<sup>3</sup>, Alžbeta Hegedüsová<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Ústav potravinárstva FBP SPU v Nitre, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra

<sup>2</sup>VC ABT SPU v Nitre, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra

<sup>3</sup>Ústav biotechnológie FBP SPU v Nitre, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra

<sup>4</sup>Ústav záhradníctva FZKI SPU v Nitre, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra

\*[alena.vollmannova@uniag.sk](mailto:alena.vollmannova@uniag.sk)

### **Abstrakt**

Prírodné rastlinné zdroje, najmä plody rôznych menej známych druhov, si získavajú čoraz väčšiu pozornosť, pretože obsahujú značné množstvo rôznych bioaktívnych látok prospešných pre ľudské zdravie. Nedostatok zdravých potravín je globálny problém, a preto by pestovanie nenáročných a už v minulosti používaných a výživných plodín mohlo byť riešením tohto narastajúceho problému. K takýmto plodinám patria minoritné strukoviny, pseudoobilniny a tiež druhy ovocia, ktoré postupne upadali do zabudnutia. Táto štúdia je zameraná na výskum obsahu biologicky cenných zložiek v lupine bielej, mrlíku čílskom a dule podlhovastej a zhodnoteniu ich potenciálu pri výrobe inovatívnych potravín.

**Kľúčové slová:** minoritné plodiny, lupina biela, mrlík čílsky, dula podlhovastá, polyfenoly, antioxidačná aktivita

### **Úvod**

Súčasný životný štýl je prezentovaný ako jedna z hlavných príčin hojného výskytu chronických ochorení, ktoré sa stali veľmi častým problémom modernej spoločnosti. V rámci boja proti tomuto problému sa spotrebiteľ rozhodol zmeniť svoje stravovacie návyky a zvoliť si potraviny, ktoré sú okrem dobrého zdroja výživných látok bohaté na zlúčeniny so zdraviu prospešnými látkami.

V posledných rokoch je vo vyspelých krajinách kladený dôraz na kvalitné potraviny, mení sa koncept jedla i náš spôsob stravovania. Potraviny získali status „funkčných“ potravín,

ktoré by mali poskytnúť ďalší fyziologický prínos, ako je prevencia alebo oddialenie nástupu chronických ochorení, ako aj splnenie základných nutričných požiadaviek. Je stále viac zrejme, že potraviny obsahujú veľké množstvo zlúčenín, ktoré môžu vykazovať ochranný účinok, ale tiež zložiek, ktoré môžu prispievať k rôznym chorobám. Vnútorne procesy živých organizmov sú neoddeliteľne spojené s oxidačnými procesmi, ktorých mechanizmus podlieha v ľudskom tele prísnej regulácii. Vo väčšine živých organizmov je kyslík nielen nevyhnutný pre život, ale tiež hlavnou príčinou škodlivých procesov, ktoré môžu viesť až k smrti. K zníženiu ich škodlivých účinkov sa do organizmu prijímajú potravou rôzne antioxidanty. Výživa je považovaná za dôležitý faktor, alebo môže mať zásadný význam pre zdravší a dlhší život. Prírodné rastlinné zdroje si získavajú čoraz väčšiu pozornosť, pretože obsahujú značné množstvo vitamínov, fenolových zložiek a iných zlúčenín, ktoré vykazujú početné biologické a farmakologické účinky. Zvlášť osobitú pozornosť si zasluhujú obilniny, strukoviny, ovocie a zelenina, ktoré obsahujú jedinečné a nutrične hodnotné zlúčeniny a antioxidanty. Štúdie a výskumy poukazujú na znížené riziko chronických ochorení, napr. zmiernenie účinkov prirodzeného starnutia, minimalizáciu nepriaznivých vplyvov rakoviny, zápalov, kardiovaskulárnych a neurodegeneratívnych ochorení práva vďaka ich konzumácii.

V súčasnosti sa potravinárska výroba zaoberá výskumom a vývojom potravín, ktorých hlavnou úlohou je zlepšenie zdravia alebo zníženie rizika ochorenia.

## **Materiál a metódy**

### **1. Odber rastlinného materiálu**

Odber rastlinných vzoriek (11 odrôd lupiny bielej, 5 odrôd mrlíka čílskeho, 5 odrôd duly odlhovastej) bol realizovaný v štádiu plnej zrelosti z rôznych lokalít Slovenskej a Českej republiky.

### **2. Spracovanie vzoriek rastlinného materiálu**

25 g čerstvého zhomogenizovaného materiálu, bolo extrahovaných 50 ml 80% metanolu po dobu 16 hodín na trepačke pri 115 kmitoch za minútu. Následne bol extrakt prefiltrovaný cez filtračný papier (Munktel červený 392). Takto pripravené extrakty boli použité na stanovenie celkového obsahu polyfenolov, a hodnoty antioxidačnej aktivity.

### **3. Spektrofotometrické stanovenie celkového obsahu polyfenolov (TPC) a hodnoty antioxidačnej aktivity (AA)**

Celkový obsah polyfenolov (TPC) bol stanovený spektrofotometricky metódou podľa Lachman et al. (2003) s využitím UV-VIS spektrofotometra T92+ a Folin – Ciocalteuovho skúmadla, pričom v alkalickom prostredí dochádza k prenosu elektrónov z fenolových zlúčenín do fosfomolybdénového a fosfowolfrámového komplexu.

#### 4. Spektrofotometrické stanovenie hodnoty antioxidačnej aktivity (AA) metódou DPPH, FRAP a ABTS

Princípom stanovenia hodnoty AA metódou DPPH je redukčná reakcia zlúčeniny 2,2-difenyl-1-pikryhydrazyl (DPPH) dôsledkom prítomnosti antioxidačných látok. Zlúčenina 2,2-difenyl-1-pikryhydrazyl je prevedená v roztoku na radikálovú formu, pričom po pridaní vzorky plodiny dochádza k redukcii radikálu DPPH<sup>·</sup> za vzniku redukovanej formy DPPH-H (antioxidačné látky nachádzajúce sa v plodinách sú schopné darovať atóm vodíka). Radikálová forma je tmavo fialovej farby a po redukčnej reakcii radikálu dochádza k odfarbeniu vzorky – pôsobenie redukčných faktorov (Santos-Sánchez et al., 2019). Hodnota antioxidačnej aktivity (AA) bola stanovená podľa metodiky Brand-Williams et al. (1995).

Podstatou metódy FRAP je meranie schopnosti antioxidantov redukovať železitý 2,4,6-tripyridyl-s-triazínový komplex  $[\text{Fe}^{3+}-(\text{TPTZ})_2]^{3+}$  na intenzívne modrý železnatý komplex  $[\text{Fe}^{2+}-(\text{TPTZ})_2]^{2+}$  v kyslom prostredí (TPTZ = 2,4,6-tris(2-pyridyl-1,3,5-triazín), teda dochádza k prenosu elektrónu (Prior et al., 2005).

Podstatou metódy ABTS je redukčná reakcia radikálu ABTS<sup>·+</sup> (2,2'-azinobis(3-etylbenzotiazolin)-6-sulfonát). Radikálový kation ABTS<sup>·+</sup> je charakterizovaný ako syntetický a stabilný radikál modrozelenej farby, ktorý sa po pridaní vzorky antioxidantu odfarbuje a redukuje (Dasgupta et al., 2014).

#### 5. Stanovenie obsahu vybraných fenolových zlúčenín metódou HPLC

Obsah vybraných fenolových zlúčenín sme stanovili metódou HPLC podľa Lukšič et al. (2016). Pred HPLC analýzou sa metanolové extrakty prefiltrovali cez Q-Max striekačkový filter do HPLC vialiek. Obsah jednotlivých fenolových látok bol stanovený pomocou HPLC Agilent 1260 Infinity II.

## Výsledky a diskusia

V Tabuľke 1 sú uvedené priemerné hodnoty TPC a AA v semenách 11 odrôd lupiny bielej. Celkový obsah polyfenolov sa pohybuje v intervale 6522 mg.kg<sup>-1</sup> GAE (Nelly) – 8004

mg.kg<sup>-1</sup> GAE (Alban). Výsledné hodnoty ostatných odrôd sú pomerne rovnaké. Štatisticky významné rozdiely v hodnotách TPC medzi odrodami lupiny sa potvrdili v 4 prípadoch, t.j. R-933/Satmarean; Satmarean/Nelly; Satmarean/Primorskij; Satmarean/Solnečnýj; Satmarean/Wtd. Na základe hodnôt TPC v sledovaných odrodách sme zostavili nasledovné poradie: Alban > Weibit > Satmarean > Pop I > Astra > Los Palacios > Primorskij > Solnečnýj > Wtd > R-933 > Nelly.

Najvyššiu priemernú hodnotu AA meranú metódou DPPH vo vybraných odrodách lupiny dosahovala odroda Solnečnýj (17,8 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH). Naopak najnižšia hodnota bola zaznamenaná v odrode Wtd, a to o 41,76% nižšia v porovnaní s odrodou Solnečnýj. Naše merania korešponujú s výsledkami autorov Boudjou et al. (2013), ktorí namerali hodnotu AA 16,7 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH. Výsledné hodnoty AA stanovené metódou FRAP boli pomerne rovnaké, pohybujúce sa v intervale 1,82 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH (Astra) – 2,44 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH (Solnečnýj). Antioxidačná aktivita stanovená ABTS metódou vykazovala najvyššiu hodnotu 9,27 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH v odrode Weibit a najnižšiu v odrode Alban (7,14 µmol TE.g<sup>-1</sup> SH). Štatisticky významné rozdiely v hodnotách AA medzi odrodami sa potvrdili len pri metóde DPPH, a to medzi odrodami Alban/Wtd; Astra/Primorskij; Astra/Wtd; R-933/Primorskij; R-933/Wtd; Satmarean/Wtd; POP I/Wtd; Los Palacio/Wtd; Primorskij/Solnečnýj; Weibit/Wtd; Solnečnýj/Wtd.

**Tabuľka 1** Celkový obsah polyfenolov a antioxidačná aktivita v sledovaných odrodách lupiny bielej

Lupina biela	Celkový obsah polyfenolov		Aktivačná aktivita (µmol TE.g <sup>-1</sup> SH)		
	TPC (mg.kg <sup>-1</sup> GAE) SH	DPPH	FRAP	ABTS	
Alban	8004 <sup>ab</sup>	17 <sup>bc</sup>	2 <sup>a</sup>	7,14 <sup>a</sup>	
Astra	7495 <sup>ab</sup>	16,7 <sup>c</sup>	1,82 <sup>a</sup>	8,08 <sup>a</sup>	
R-933	6653 <sup>a</sup>	15,8 <sup>c</sup>	1,93 <sup>a</sup>	8,31 <sup>a</sup>	
Satmarean	7816 <sup>b</sup>	14,5 <sup>bc</sup>	2,32 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>	
Nelly	6522 <sup>a</sup>	15,2 <sup>abc</sup>	1,95 <sup>a</sup>	7,28 <sup>a</sup>	
Pop I	7502 <sup>ab</sup>	14,4 <sup>bc</sup>	1,97 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>	
Los Palacios	7030 <sup>ab</sup>	14,5 <sup>bc</sup>	2,29 <sup>a</sup>	7,39 <sup>a</sup>	
Primorskij	6778 <sup>a</sup>	11,7 <sup>ab</sup>	2,28 <sup>a</sup>	7,95 <sup>a</sup>	
Solnečnýj	6706 <sup>a</sup>	17,8 <sup>c</sup>	2,44 <sup>a</sup>	8,36 <sup>a</sup>	
Weibit	7838 <sup>ab</sup>	16,4 <sup>bc</sup>	1,84 <sup>a</sup>	9,27 <sup>a</sup>	
Wtd	6692 <sup>a</sup>	9,9 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	8,81 <sup>a</sup>	

Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n=4), Kruskal-Wallisov Test, Rozdielne písmená (a, b a c) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p <0,05).

Na základe výsledkov v Tabuľke 2 môžeme konštatovať, že najvyššia hodnota TPC v mrlíku čílskom bola zaznamenaná v odrode Isluga, t.j. 3930 mg.kg<sup>-1</sup> GAE. V odrode Juirá

Sajama bol stanovený najnižší celkový obsah polyfenolov 3482 mg.kg<sup>-1</sup> GAE. Rozdiely v hodnotách TPC medzi odrodami mrlíka neboli štatisticky preukazné.

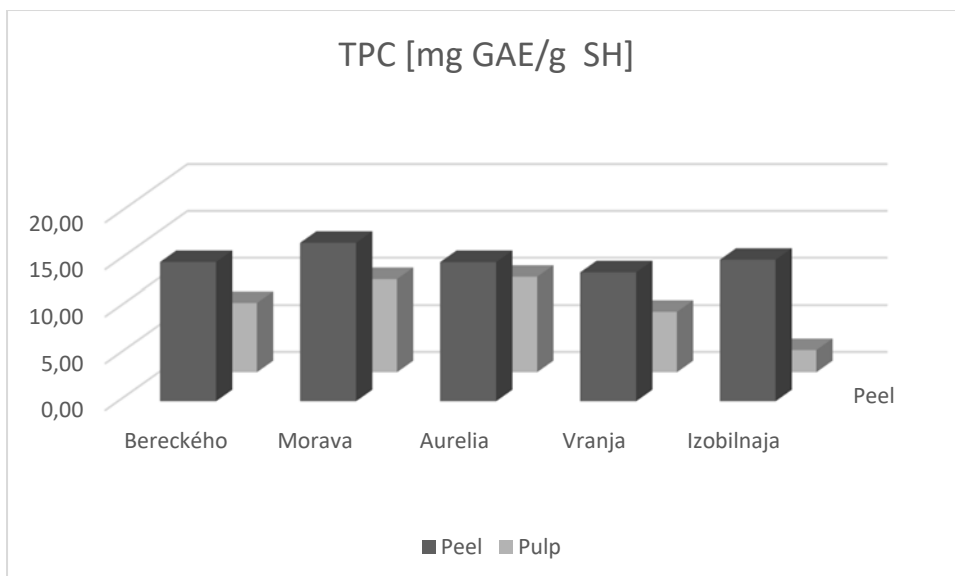
Hodnota AA meraná metódou DPPH sa pohybovala v rozmedzí od 80,9 μmol TE.g<sup>-1</sup> SH do 107 μmol TE.g<sup>-1</sup> SH, pričom najnižšiu hodnotu sme zaznamenali v odrode Jaira Sajama a najvyššiu v odrode Faro. Odroda Bear dosiahla najvyššie hodnoty AA stanovenej metódou FRAP. Naopak, najnižšiu AA sme zistili v odrode Temuco, a to s hodnotou 35,8 mol TE.g<sup>-1</sup> SH. Zaujímavú situáciu pozorujeme pri výsledkoch meraných metódou ABTS, kedy sú rozdiely medzi nameranými hodnotami jednotlivých odrôd skutočne minimálne. Ani pri jednej zo spomínaných metód sa nepotvrdili štatisticky významné rozdiely v hodnotách AA medzi odrodami mrlíka čílskeho. Výsledná hodnota AA autorov Kaur et al. (2016) (59,61 mg TE.g<sup>-1</sup> SH, t.j. 238 μmol TE.g<sup>-1</sup> SH) meraná metódou DPPH je výrazne vyššia v porovnaní s našou priemernou nameranou AA v mrlíku. Naopak, Farajzadeh et al. (2020) uvádzajú priemernú hodnotu nižšiu v porovnaní s našou (57,49 μmol TE.g<sup>-1</sup> SH).

**Tabuľka 2** Celkový obsah polyfenolov a antioxidačná aktivita v sledovaných odrodách mrlíka čílskeho

Mrlík čílsky	Celkový obsah polyfenolov	Aktivačná aktivita (μmol TE.g <sup>-1</sup> SH)		
	TPC (mg.kg <sup>-1</sup> GAE) SH	DPPH	FRAP	ABTS
Jaira Sajama	3482 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	40,7 <sup>a</sup>	125 <sup>a</sup>
Temuco	3631 <sup>a</sup>	87,2 <sup>a</sup>	35,8 <sup>a</sup>	126 <sup>a</sup>
Faro	3804 <sup>a</sup>	107 <sup>a</sup>	47,5 <sup>a</sup>	124 <sup>a</sup>
Bear	3607 <sup>a</sup>	103 <sup>a</sup>	50,1 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>
Isluga	3930 <sup>a</sup>	102 <sup>a</sup>	43,6 <sup>a</sup>	121 <sup>a</sup>

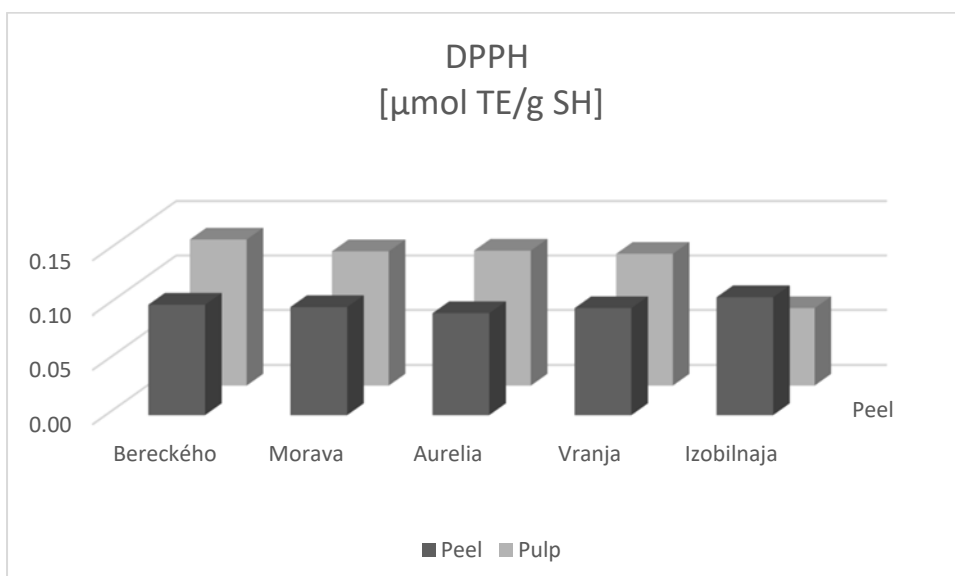
Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n =4), Kruskal-Wallisov Test, Rozdielne písmená (a, b a c) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p <0,05).

Celkový obsah polyfenolov (Obrázok 1) v šupkách (13707 (Vranja) – 16857 (Morava) mg GAE.kg<sup>-1</sup> SH) bol niekoľkokrát vyšší ako v dužine (2368 (Izobilnaja) – 10134 (Aurelia) mg GAE.kg<sup>-1</sup> SH). Vo všetkých sledovaných odrodách dule podlhovastej boli hodnoty TPC signifikantne vyššie v šupke ako v dužine.



**Obrázok 1** Celkový obsah polyfenolov v šupke a dužine sledovaných odrôd dule podlhovastej

Hodnoty AA (DPPH; Obrázok 2) v šupkách boli v rozmedzí od 9,3 (Aurelia) do 10,8  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  SH (Izobilnaja) a v dužine od 7,1 (Izobilnaja) do 13,4  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  SH (Bereckého). V šupke plodov dule podlhovastej zo Srbska stanovili Stojanović et al. (2017) metódou DPPH hodnoty AA od 2,0 do 2,5  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  čerstvej hmoty a v dužine plodov od 1,2 do 2,23  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  č. h., ktoré po prepočte na suchú hmotu korelujú s našimi výsledkami. Yildiz et al. (2020) stanovili v dužine dule AA hodnotu 1,65 až 4,28  $\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$  čerstvej hmoty v závislosti od rôznej dĺžky skladovania dule. Výsledky danej štúdie korešponujú s našimi výsledkami.



**Obrázok 2** Hodnoty AA stanovené metódou DPPH v šupke a dužine sledovaných odrôd dule podlhovastej

Tabuľka 3 prezentuje obsah fenolových kyselín v sledovaných odrodách lupiny bielej. Na základe hodnôt obsahu fenolových kyselín v skúmaných odrodách lupiny bielej sme zostavili nasledovné poradie: kyselina 4-hydroxybenzoová – Solnečnýj > Los Palacios > Nelly > Alban > Primorskij > Weibit > Pop I > Wtd > Satmarean > Astra > R-933; kyselina kávová – Solnečnýj > Los Palacios > Alban > Satmarean > Weibit > R-933 > Primorskij > Wtd > Astra > Nelly > Pop I; kyselina *trans-p*-kumárová – Alban > Weibit > Nelly > Satmarean > Wtd > Astra > Solnečnýj > Los Palacios > Pop I > Primorskij; kyselina *trans*-ferulová – Alban > Solnečnýj > Astra > Los Palacios > Satmarean > Nelly > Wtd > R-933 > Pop I > Weibit > Primorskij.

Ruiz-López et al. (2019) skúmali koncentrácie kyseliny 4-hydroxybenzoovej a kyseliny kávovej v semenách lupiny bielej. Kým nimi udávané hodnoty obsahu kyseliny 4-hydroxybenzoovej sú vyššie v porovnaní s našimi hodnotami (22,770 mg.kg<sup>-1</sup> SH), hodnoty obsahu kyseliny kávovej a kyseliny *trans-p*-kumárovej zase signifikantne nižšie (0,580 mg.kg<sup>-1</sup> SH, resp. 0,110 mg.kg<sup>-1</sup> SH) v porovnaní s obsahom týchto kyselín stanovených v našich vzorkách.

**Tabuľka 3** Obsah fenolových kyselín v sledovaných odrodách lupiny bielej (mg.kg<sup>-1</sup> SH)

Lupina biela	Obsah fenolových kyselín v semenách skúmanej plodiny			
	kys. 4- hydroxybenzoová	kys. kávová	kys. <i>trans-p</i> -kumárová	kys. <i>trans</i> -ferulová
Alban	6,180 <sup>bc</sup>	543,8 <sup>ab</sup>	2,147 <sup>a</sup>	11,84 <sup>a</sup>
Astra	3,713 <sup>c</sup>	432,8 <sup>abcd</sup>	1,146 <sup>a</sup>	9,034 <sup>ab</sup>
R-933	3,679 <sup>c</sup>	452,6 <sup>abcd</sup>	1,095 <sup>a</sup>	4,812 <sup>cde</sup>
Satmarean	4,464 <sup>bc</sup>	524,9 <sup>abc</sup>	1,583 <sup>a</sup>	6,866 <sup>bcd</sup>
Nelly	6,782 <sup>bc</sup>	417,9 <sup>cd</sup>	1,874 <sup>a</sup>	6,834 <sup>bcd</sup>
Pop I	5,192 <sup>bc</sup>	370,2 <sup>d</sup>	0,979 <sup>a</sup>	4,775 <sup>cde</sup>
Los Palacios	9,415 <sup>ab</sup>	566,6 <sup>a</sup>	1,109 <sup>a</sup>	7,730 <sup>bc</sup>
Primorskij	5,596 <sup>bc</sup>	451,5 <sup>abcd</sup>	0,891 <sup>a</sup>	3,819 <sup>e</sup>
Solnečnýj	12,32 <sup>a</sup>	568,3 <sup>a</sup>	1,123 <sup>a</sup>	9,350 <sup>ab</sup>
Weibit	5,404 <sup>bc</sup>	456,5 <sup>abcd</sup>	2,118 <sup>a</sup>	4,267 <sup>de</sup>
Wtd	5,136 <sup>bc</sup>	446,2 <sup>abcd</sup>	1,298 <sup>a</sup>	5,273 <sup>cde</sup>

Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4), Kruskal-Wallisov Test, Rozdielne písmená (a, b, c, d, e) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p < 0,05).

V Tabuľke 4 je uvedený obsah fenolových kyselín v sledovaných odrodách mrlíka čílskeho. Na základe hodnôt obsahu fenolových kyselín v skúmaných odrodách mrlíka čílskeho sme zostavili nasledovné poradie: kyselina 4-hydroxybenzoová – Faro > Juirá Sajama > Temuco > Bear > Isluga; kyselina kávová – Faro > Juirá Sajama > Temuco > Isluga > Bear;



kyselina *trans-p*-kumárová – Juira Sajama > Temuco > Faro > Bear > Isluga; kyselina *trans*-ferulová – Juira Sajama > Faro > Temuco > Isluga > Bear.

Autori Han et al. (2019) skúmali koncentráciu kyseliny 4-hydroxybenzoovej (31,18 mg. kg<sup>-1</sup> SH), kyseliny *trans-p*-kumárovej (57,25 mg. kg<sup>-1</sup> SH), ktorých hodnoty korešponujú s našimi výsledkami.

**Tabuľka 4** Obsah fenolových kyselín v sledovaných odrodách mrlíka čílskeho (mg.kg<sup>-1</sup> SH)

Mrlík čílsky	Obsah fenolových kyselín v semenách skúmanej plodiny			
	kys. 4-hydroxybenzoová	kys. kávová	kys. <i>trans-p</i> -kumárová	kys. <i>trans</i> -ferulová
Juira Sajama	17,52 <sup>ab</sup>	3,302 <sup>a</sup>	65,78 <sup>a</sup>	91,84 <sup>a</sup>
Temuco	17,46 <sup>ab</sup>	3,297 <sup>a</sup>	52,64 <sup>a</sup>	58,44 <sup>a</sup>
Faro	24,72 <sup>a</sup>	4,781 <sup>a</sup>	52,63 <sup>a</sup>	72,96 <sup>a</sup>
Bear	16,24 <sup>ab</sup>	1,907 <sup>a</sup>	38,97 <sup>a</sup>	55,81 <sup>a</sup>
Isluga	14,56 <sup>b</sup>	2,264 <sup>a</sup>	38,69 <sup>a</sup>	58,90 <sup>a</sup>

Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené ako aritmetický priemer (n = 4), Kruskal-Wallisov Test  
Rozdielne písmená (a, b a c) medzi premennými znázorňujú štatisticky významné rozdiely (p < 0,05).

V šupkách a plodoch dule podlhovastej sme stanovovali obsah chlorogenových kyselín (Tabuľka 5). Obsah chlorogenových kyselín vo všetkých sledovaných odrodách bol v šupke plodov vyšší ako v dužine plodu. Obsah chlorogenových kyselín v dužine klesal v rade: kyselina chlorogenová > kyselina neochlorogenová > kyselina kryptochlorogenová > kyselina 3,5-dikávoylchinová. Kyselina 3,5-dikávoylchinová bola prítomná v dužine len dvoch odrôd (Aurelia, Vranja). Na rozdiel od našich výsledkov Stojanović et al. (2017) uvádzajú kyselinu nechlorogénovú ako najviac zastúpenú fenolovú kyselinu v plodoch dule. Hodnoty chlorogénových kyselín vo vzorkách plodov dule stanovené v štúdiu autorov Blanda et al. (2020) boli nižšie ako v našich vzorkách. Mohlo to byť spôsobené použitím plodov dule, ktoré neboli analyzované v štádiu plnej zrelosti.

**Tabuľka 5** Obsah fenolových kyselín v plodoch sledovaných odrôd dule podlhovastej (mg.kg<sup>-1</sup> SH)

Dula podlhovastá	Obsah fenolových kyselín v šupe / dužine plodov			
	kys. chlorogenová	kys. neochlorogenová	kys. kryptochlorogenová	kys. 3,5-dikávoylchinová
Bereckého	4634 / 1413	2148 / 1491	317 / 212	39 / -
Morava	5559 / 1554	2022 / 1281	446 / 177	55 / -
Aurelia	4391 / 1652	1874 / 1608	376 / 215	92 / 20
Vranja	4695 / 1438	1996 / 1490	210 / 46	46 / 11
Izobilnaja	3347 / 636	813 / 711	23 / 106	27 / -

## Záver

Na základe prezentovaných výsledkov môžeme skonštatovať, že najvyššie obsahy TPC sme zaznamenali v odrode Alban v lupine bielej; v odrode Isluga v mrlíku čílskom a v odrode Aurelia v dužine plodov dule podlhovastej. Najvyššiu hodnotu AA vykazovali odrody Solnečnýj (lupina biela), Irenka (cícer baraní), Bear (mrlík čílsky) a Bereckého (dula podlhovastá). Z pohľadu obsahu fenolových kyselín možno za najhodnotnejšie považovať odrody lupiny bielej Solnečnýj (s najvyšším obsahom kyseliny 4-hydroxybenzoovej a kávovej) a Alban (s najvyšším obsahom kyseliny *trans*-p-kumárovej a kyseliny *trans*-ferulovej). Zo skúmaných odrôd mrlíka čílskeho sa ako dobrý zdroj fenolových kyselín javí odroda Faro (najvyšší obsah kyseliny 4-hydroxybenzoovej a kávovej) a odroda Juirá Sajama (s najvyšším obsahom kyseliny *trans*-p-kumárovej a kyseliny *trans*-ferulovej). Z analyzovaných odrôd dule podlhovastej možno považovať za najhodnotnejší zdroj biologicky cenných látok odrodu Aurelia s najvyšším obsahom chlorogenových kyselín.

Z hľadiska využitia a ďalšieho odporúčania týchto komodít pre potravinársky priemysel, aj pre bežných spotrebiteľov, je potrebné ďalšie hodnotenie a skúmanie rôznych odrôd s cieľom určiť odrodu s najvhodnejším obsahom bioaktívnych látok. Rovnako nevyhnutné je aj sledovanie vplyvu pestovateľských, skladovacích podmienok a technologických úprav, ktoré ovplyvňujú nielen obsah spomínaných zlúčenín, ale aj samotné zastúpenie jednotlivých bioaktívnych látok.

## PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Aktivita 5: Progresívne riešenia využitia biomasy v biohospodárstve

Monika Božíková<sup>1\*</sup>, Ján Čimo<sup>2</sup>, Anna Báreková<sup>2</sup>, Ján Gaduš<sup>3</sup>, Martin Prčík<sup>3</sup>,  
Viera Kažimírová<sup>4</sup>, Juraj Jablonický<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky, Technická fakulta, SPU v Nitre,  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

<sup>2</sup>Ústav krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, SPU v Nitre

<sup>3</sup>Ústav environmentálneho manažmentu, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja,  
SPU v Nitre

<sup>4</sup>Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky, TF, SPU v Nitre

\*[monika.bozikova@uniag.sk](mailto:monika.bozikova@uniag.sk)

### Abstrakt

Článok prezentuje výskumné aktivity realizované v rámci Aktivity 5 DSV projektu v jednotlivých témach. Cieľom výskumu bolo nájsť progresívne riešenia pre využitie biomasy v biohospodárstve. Výskumné aktivity riešilo šesť vedeckých tímov, ktoré skúmali možnosti zvyšovania účinnosti premeny energie a redukcie emisií pri využití biomasy, identifikovali kvalitatívne a kvantitatívne deskriptory biomasy v biosystémoch a cirkulárnej bioenergetike, sledovali energetickú náročnosť prípravy a termochemickej konverzie biomasy, determinovali ekofyziologické vlastností a produkčný potenciál rýchlorastúcich energetických bylín a drevín, ďalej realizovali výskum možností recyklácie odpadov vznikajúcich na konci potravinového reťazca s využitím výstupného produktu pri skvalitňovaní pôdy, zároveň bola vytvorená nová agroklimatická rajonizácia ako modelové riešenie dôsledkov klimatickej zmeny v komplexe ekosystémových služieb.

**Kľúčové slová:** biomasa, redukcia emisií, bioenergetika, fyto-remediácia, recyklácia odpadov, mapa agroklimatickej rajonizácie

### Úvod

V súčasnosti je veľmi dôležité z pohľadu udržateľnosti hľadať spôsoby využívania biomasy v biohospodárstve. Možnosti využitia biomasy sú determinované mnohými externými a internými faktormi, ale vo všeobecnosti sa využívajú technológie a postupy, ktorých

výstupom je produkt biologického pôvodu, ktorého následné použitie nezvyšuje environmentálnu záťaž, ako deklarujú aj publikácie (Babu – Chaurasia, 2002). Z uvedených dôvodov možno výskum považovať za aktuálny a aplikovateľný v praxi, ako dokumentujú aj publikácie (Barglowicz et al., 2021; Janíček et al., 2009). So zreteľom na zameranie projektu Drive4SIFood na dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny a v súlade s nosným cieľom projektu a jeho míľnikmi bol vytýčený nosný cieľ Aktivity 5 (A5). Cieľom boli výskumné činnosti zamerané na inovatívne technologické postupy ekonomicky efektívneho a environmentálne akceptovateľného využitia odpadov a vedľajších produktov z agropotravinárstva a pestovanej biomasy na degenerovanej a potravinársky nevyužitej pôde. Uvedený cieľ bol realizovaný v rámci šiestich výskumných tém v A5.

## Materiál a metódy

V Téme 1 bolo realizované sledovanie technicko-exploatačných parametrov spaľovacích motorov pri použití rôzneho podielu biopalív. Zároveň bol v Téme 1 realizovaný výskum zameraný na určenie vplyvu používania biopalív na technické parametre energetických prostriedkov.

Experimentálna činnosť bola zameraná na meranie výkonu vozidlových spaľovacích motorov a simuláciu jazdných cyklov pri použití biopalív vyrobených z odpadovej biomasy, ďalej bolo uskutočnené meranie výkonu traktorového spaľovacieho motora prostredníctvom mobilnej skúšobne. Prehľad použitých meracích prístrojov a zariadení spolu s výsledkami je prezentovaný v Tabuľke 1 a 2.

**Tabuľka 1** Sumarizácia experimentálnych výstupov v Téme 1 Aktivity 5 (časť 1)

Názov experimentu	Meracia technika	Výstup/výsledok s uvedením možnosti využitia v praxi
Meranie výkonu vozidlových spaľovacích motorov a simulácia jazdných cyklov	Valcová skúšobňa MAHA MSR 500	Hodnoty normovaného výkonu, krútiaceho momentu. Po pripojení na analyzátor emisií aj hodnoty HC, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, NO <sub>x</sub> . Po pripojení na prietokomer spotreba biopaliva resp. paliva s obsahom biozložky
Meranie výkonu traktorových spaľovacích motorov	Mobilná skúšobňa výkonu MAHA ZV 500	Hodnoty výkonu, krútiaceho momentu, hodnoty emisií.
Modelové merania emisného stavu zážihových a vznetrových motorov	MAHA MGT 5, MDO 2, vibračný snímač otáčok MAHA RPM VC 2	Analýza výfukových plynov HC, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, NO <sub>x</sub>
Ferografická analýza	Ferograf MA – 1	Výsledkom ferografickej analýzy je sledovanie tvaru a veľkosti feromagnetických nečistôt v testovanej kvapaline.

**Tabuľka 2** Sumarizácia experimentálnych výstupov v Tému 1 Aktivitu 5 (časť 2)

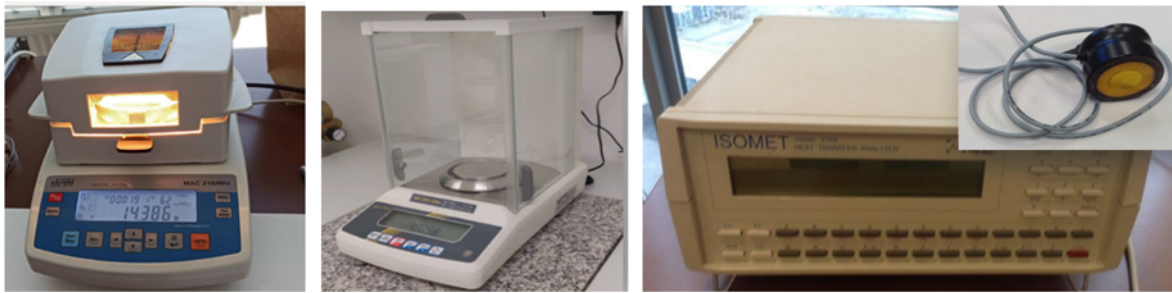
Názov experimentu	Meracia technika	Výstup/výsledok s uvedením možnosti využitia v praxi
Modelové meranie prevádzkových charakteristík hydraulických obvodov traktorov	Teplotný senzor ETS 4144-A-000, Tlakový senzor HDA 3774-A-600-000, Prietokový senzor EVS 100, Digitálna záznamová jednotka HMG 2020	Prietok, tlak, teplota
Modelové overenie tlakových charakteristík v servisných bodoch hydraulických komponentov	Tlakový senzor HDA 3774-A-600-000, Digitálna záznamová jednotka HMG 2020	Tlak
Modelové overenie prietokových charakteristík činnosti hydrogenerátora v laboratórnych podmienkach	Prietokový senzor EVS 3100	Prietokové charakteristiky hydrogenerátorov používaných v traktoroch umožnili posúdiť ich technický stav

V Tému 2 bolo realizované skúmanie geometrických vlastností, hmotnostných charakteristík, vlhkosti, kriviek sušenia, ako aj meranie mechanických, najmä kompresných vlastností a termofyzikálnych parametrov odpadovej biomasy a peliet z nej vyrobených. Metódami termickej analýzy boli stanovené tepelno-energetické parametre vybraných vzoriek biomasy a peliet. Vzorky peliet a použité prístroje a zariadenia sú prezentované na Obrázkoch 1 – 4. Konkrétne boli merané vzorky peliet vyrobených zo pšeničnej slamy, makovic a zvyškov po preosiati maku, pelety z trávy, repky olejnej a ďateliny, Miscanthusu, odpadu z potravinárskej výroby (lieskovcové, kávové šupy a šupy z kakaových bôbov) atď. Analýzy chemického zloženia biomasy boli realizované v spolupráci s NPPC v Michalovciach a Piešťanoch.



**Obrázok 1** Peletovacia linka Kovo Novák MGL 100, vzorky vyrobených peliet

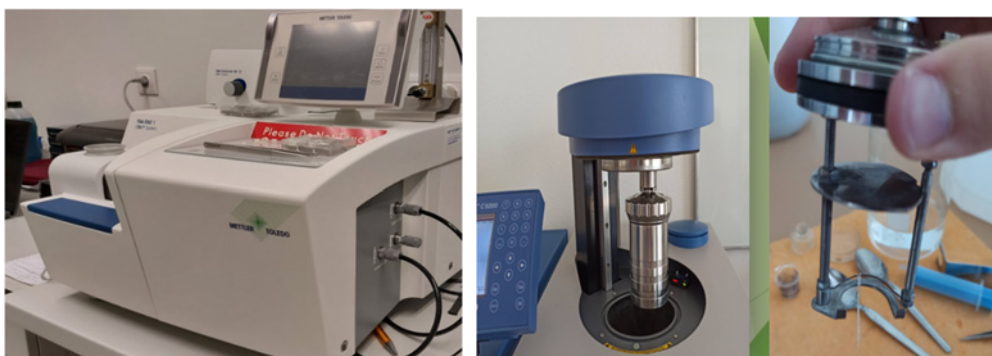
Konkrétne bolo realizované stanovenie kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov peliet, ktoré sú determinované ich fyzikálnymi vlastnosťami s cieľom určiť optimálny pomer odpadovej biomasy a rastlín pestovaných na energetické účely. Zároveň boli skúmané emisné parametre peliet vyrobených z odpadu agropotravinárskeho sektora.



**Obrázok 2** Analyzátor vlhkosti MAC210WH, analytické váhy, Isomet 2104



**Obrázok 3** Zariadenie Andilog Stentor 1000



**Obrázok 4** Kalorimeter TGA/DSC1, príprava vzoriek - meranie spalného tepla

V rámci výskumných aktivít v Téme 3 bol realizovaný výber vhodných genotypov energetických drevín a bylín, pričom boli sledované podmienky ich pestovania so zreteľom na aspekty ich následného energetického zhodnotenia. Následne bol experimentálne skúmaný vplyv zloženia a vlastností testovanej vstupnej biomasy na produkty termochemickej premeny. Výskum bol realizovaný na zariadení na splyňovanie biomasy, ktoré využíva proces nízko-plotného rozkladu organickej hmoty.

Zostava splyňovacej jednotky slúži pre výskum energetickej efektívnosti alternatív a variantov produkcie syntézneho plynu, tekutého a tuhého biopaliva vznikajúceho termochemickou katalytickou konverziou biomasy v splyňovanom reaktore. Medziproduktom

zostavy je syntézny plyn, ktorý je následne ďalej využitý ako palivo pre pohon kogeneračnej jednotky a tuhé biopalivo (väčšinou čistý uhlík), ktorý môže byť ďalej energeticky využívaný ako palivo pre kotle. Pri plnení cieľov a míľnikov Témy 4 boli realizované pokusy zamerané na identifikáciu fytoimediačných možností rastlín, zároveň bola experimentálne determinovaná dynamika rastu a produkcie rýchlorastúcich drevín a energetických bylín (Obrázok 5). Následne prebehla komplexná analýza ekofyziologických vlastností rýchlorastúcich energetických bylín a drevín vhodných pre účely dekontaminácie pôd. *Miscanthus* pestovaný na energetické účely bol použitý ako vstupná biomasa jednak pre termochemickú konverziu, ale aj pri výrobe peliet (spolupráca tímov v Témach 2, 3 a 4).



**Obrázok 5** Splyňovacia jednotka, odber biomasy genotypov *Miscanthus* a *Populus* spp.

Vzhľadom na fakt, že súčasťou finálnej úpravy potravinárskych výrobkov pre účely predaja konečnému spotrebiteľovi sú aj obalové materiály, ktoré však častokrát neúmerne zaťažujú životné prostredie, nakoľko väčšina z nich je nedegradovateľných, prebiehal v rámci realizácie výskumných úloh v Téme 5 výskum zameraný na zhodnotenie rozložiteľnosti potravinových obalov z bioplastov v reálnych podmienkach na mestskej kompostárni v Krškanoch. Prvý experiment testoval 8 na trhu bežne dostupných bioplastových potravinových obalov. Druhý experiment testoval 6 rôznych bioplastových produktov značky NONOILEN®. V roku 2021 príprava/výroba kompostu s obsahom bioplastovej fólie NONOILEN®. Následne sa uskutočnili testy fytotoxicity vyrobených kompostov s obsahom bioplastu aj bez neho v laboratórnych podmienkach fytotrónu. Ďalej boli vykonané analýzy obsahu rizikových prvkov (Cd, As, Cr, Ni, Co, Pb, Cu, Zn, Se, Mo) vo vysušenej biomase vyklíčených rastlín pomocou techniky ICP-OES.

V Tíme 6 bolo cieľom spracovanie novej agroklimatickej rajonizácie ako podkladu pre pestovanie vybraných poľných a záhradných, energetických porastov v podmienkach meniacej sa klímy Slovenska. Klimatické sucho, jeho dynamika a priestorové zmeny. Citlivosť územia bola zhodnotená podľa nového klimatického normálu 1991-2020, so zreteľom na fakt, že k hlavným faktorom prostredia patria svetlo, teplo, vzduch a vlaha. Tieto faktory sa považujú za klimatické zdroje poľnohospodárstva. Pre agroklimatické členenie Slovenska boli použité 3 základné agroklimatické ukazovatele: agroklimatický ukazovateľ teplotný ( $TS_{10}$ ), agroklimatický ukazovateľ vlhový ( $K_{VI-VIII}$ ), agroklimatický ukazovateľ prezimovania ( $T_{min}$ ).

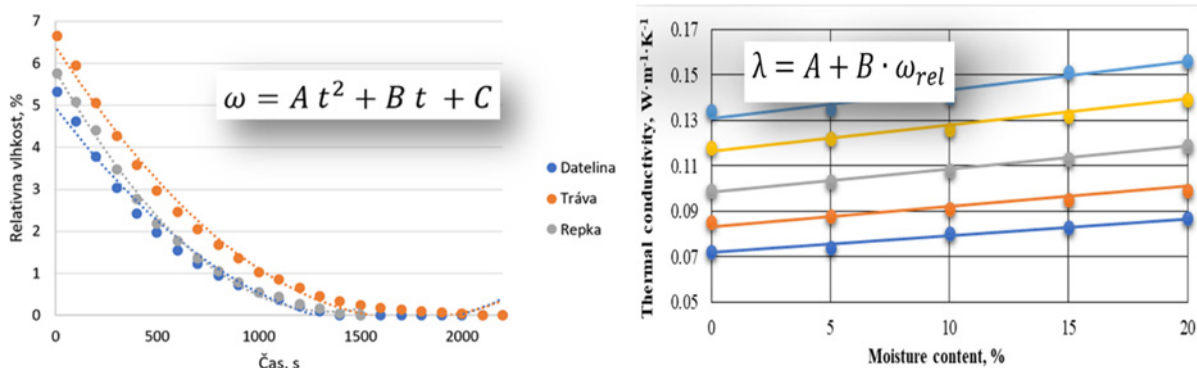
## Výsledky a diskusia

Vzhľadom na potrebu kvalitatívnej a kvantitatívnej identifikácie ekologickej záťaže pri použití biopalív prebiehali viaceré modelové merania, ktoré sú sumarizované v Tabuľke 1 a 2. Výsledkom meraní boli hodnoty výkonu, krútiaceho momentu a hodnoty emisií. Ďalej bola realizovaná analýza výfukových plynov HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, ktorá potvrdila pozitívny vplyv použitia biopalív na množstvo a zloženie emisií. Ďalej bola realizovaná ferografická analýza, ktorou boli určené rozmerové charakteristiky nečistôt v testovaných kvapalinách. Výsledky potvrdili predpoklad, že použitie biopalív a biomazív má za následok nesignifikantné zvýšenie obsahu nečistôt.

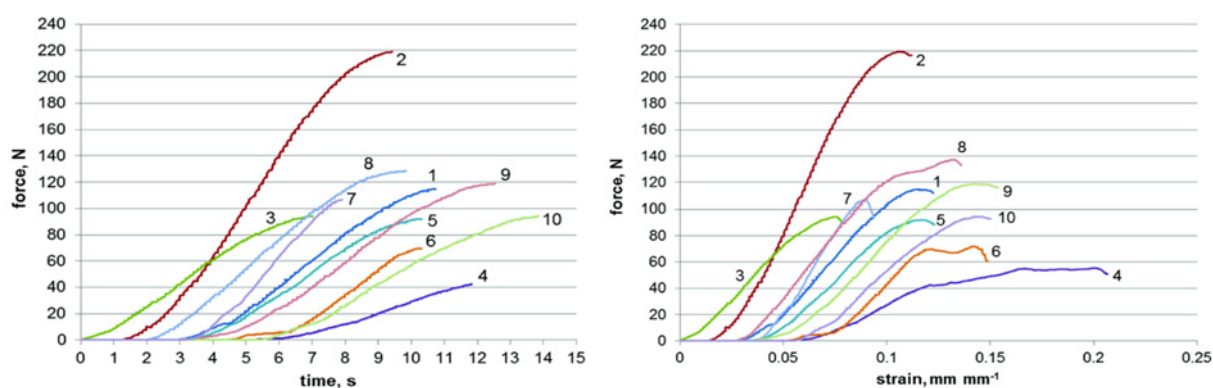
Vzhľadom na komplexnosť a rozsiahlosť výsledkov výskumu v Tíme 2 A5 uvádzame ukážky výsledkov získaných experimentálnou identifikáciou fyzikálnych parametrov ako kvalitatívnych deskriptorov biomasy a peliet z nej vyrobených (Obrázok 6).

V rámci projektu bolo navrhnuté a realizované experimentálne trhacie zariadenie špeciálne prispôbené pre potreby merania vzoriek odpadových materiálov a peliet. Pevnosť peliet bola hodnotená pomocou quázi-statického axiálneho kompresného testu. Výsledkom merania mechanických charakteristík peliet boli tzv. kompresné krivky znázornené na Obrázku 7. Z nameraných kriviek boli zisťované špeciálne parametre hodnotiace pevnosť peliet – maximálna deformácia a kompresné napätie v maxime záťažovej krivky.





**Obrázok 6** Krivky sušenia pre rôzne druhy peliet z ďateliny, trávy a repky olejnej. Závislosti tepelnej vodivosti (Thermal conductivity) od relatívnej vlhkosti (Moisture content) peliet vyrobených kombináciou Miscanthusu a makovíc



**Obrázok 7** Zátťažové krivky pre pelety vyrobené z makových zvyškov  $F(\sigma)$  a  $F(t)$  (force = sila, time = čas, strain = deformácia)

Ďalej boli experimentálne určené tepelno-energetické parametre peliet ako spalné teplo a výhrevnosť. Výsledky sú sumarizované v Tabuľke 3. Konkrétne bolo zistené, že pelety s vyšším obsahom makovíc vo vstupnej surovine mali vyššie hodnoty spálneho tepla a výhrevnosti ako pelety z Miscanthusu. Experimentálne výsledky potvrdili pozitívny vplyv zvýšeného obsahu makovíc vo vstupnej surovine na výrobu peliet na výhrevnosť. Podobný výsledok bol získaný aj po pridaní odpadu z potravinárskej výroby (šupy z lieskocov a kakaových bôbov).

**Tabuľka 3** Výsledky - spalné teplo a výhrevnosť pre vzorky peliet (*Miscanthus* a makovice)

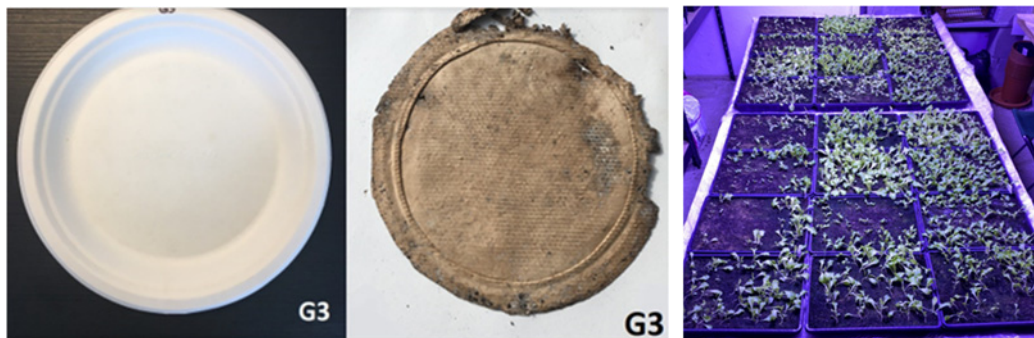
Vzorka		Spalné teplo $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	Výhrevnosť $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
Miscanthus	Makovice		
100%	0%	18 074	16 935
75%	25%	18 409	17 249
50%	50%	18 473	17 309
25%	75%	19 063	17 862
0%	100%	19 115	17 910

Spolupráca medzi Témou 2 a 4 bola zameraná na termické analýzy realizované pomocou kalorimetrického systému TGA/DSC 1, 2. Výsledky termických analýz umožnili jednak komplexné zistenie tepelno-energetických parametrov peliet a vstupnej suroviny, ale zároveň poskytli dôležité informácie pre optimalizáciu procesu termochemickej konverzie biomasy. Potvrdilo sa, že termické analýzy a hlavne TGA s DTA sú dobrým prostriedkom na určenie charakteru rozkladu biologického materiálu, popis charakteru pyrolýzneho procesu a označenie jeho produktov. Výsledky TGA/DSC poskytli zásadné informácie o zložení biomasy a iniciácii degradácie vybraných prvkov. Zároveň bol preukázaný pozitívny vplyv odpadových materiálov (šupy z lieskocov, kakaových bôbov, makovic na entalpiu a energetické parametre peliet.

Termické analýzy vytvorili platformu aj pre proces optimalizácie termochemickej konverzie skúmaný v Teme 3. Výskum bol zameraný na experimentálnu identifikáciu vhodných zmesí vstupnej biomasy a sledovanie ich vplyvu na množstvo a kvalitu vznikajúceho plynného, tekutého (biopalivá 2. generácie) a tuhého biogénneho paliva. Skúmaním boli overované parametre procesu (teplota reaktora, rýchlosť posuvu materiálu v bioreaktore). Výsledkom bola optimalizácia nastavenia pre rôzne zmesi vstupných materiálov, tak aby sa dosiahla vysoká kvalita produkovaných biogénnych palív. Pre účely termochemickej konverzie bol majoritne použitý odpad z agropotravinárstva. Sekundárne bola determinovaná energetická náročnosť prípravy a termochemickej konverzie odpadovej biomasy a biomasy pestovanej na energetické účely (*Miscanthus*) v spolupráci s riešiteľmi Témy 4. V súčasnosti je jedným z problémov, ktoré sa riešia v oblasti agropotravinárstva kontaminácia pôdy rizikovými prvkami, ktoré majú antropogénny vplyv na životné prostredie. Keďže konvenčné spôsoby dekontaminácie sú častokrát nevýhodné z environmentálneho a finančného hľadiska, tak boli v Teme 4 skúmané možnosti fyto-remediácie pôdy, ako vhodnej alternatívy. Výskum potvrdil, že fyto-remediácia prirodzeným spôsobom znižuje environmentálnu záťaž, je to relatívne nízkonákladová metóda dekontaminácie pôdy.

V Teme 5 Aktivity A5 bolo realizované testovanie účinnosti dvoch zvolených recyklačných technológií v procese degradácie rôznych biologicky rozložiteľných obalových materiálov (Obrázok 8) využívaných v rámci potravinového reťazca. Následne bola kvalita výstupných produktov recyklácie (t. j. kompostov) overená v laboratórnych podmienkach na pestovaných rastlinách prostredníctvom testu fytotoxicity (Obrázok 8). V teste fytotoxicity nebol preukázaný negatívny vplyv bioplastu na rastliny. Výsledky nepreukázali štatisticky významný rozdiel medzi vzorkami rastlín vyklíčených v komposte obsahujúcom bioplast a bez

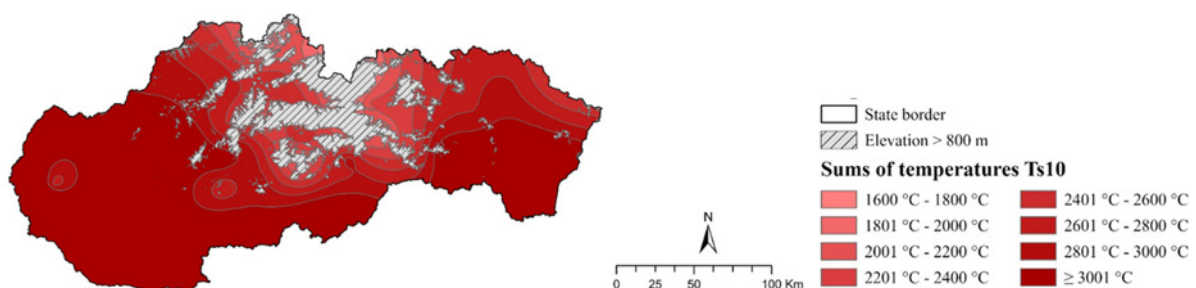
bioplastu a sú v zhode s informáciami prezentovanými v literatúre (EEA, 2020; Zimmermann et al., 2020).



**Obrázok 8** Vzorky bioplastov pred a po degradácii v komposte, testy fytotoxicity vo fytotróne

Výskumné činnosti v Téme 6 A5 boli zamerané na identifikáciu ukazovateľov agroklimatickej regionalizácie v podmienkach klimatickej zmeny. Bol realizovaný pozemný monitoring, ktorého výsledky boli použité na regionalizáciu intenzity klimatického a pôdno-klimatického sucha. Riešiteľský tím spracovával na základe experimentálnych a štatistických dát mapy agroklimatickej rajonizácie pre vybrané lokality.

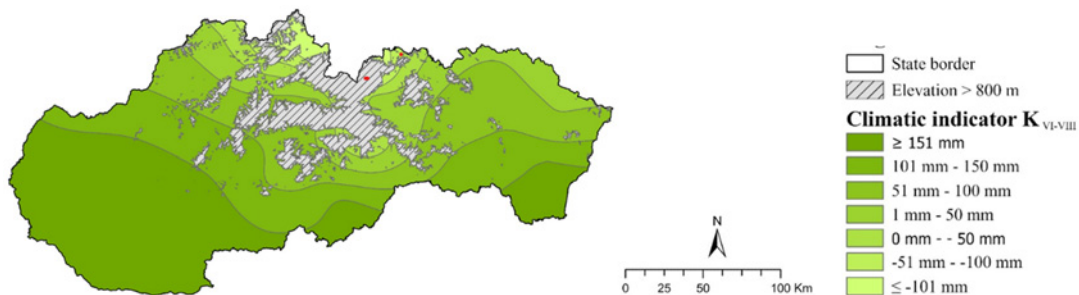
Výsledky dosiahnuté v Téme 6 možno sumarizovať nasledovne. V rámci analyzovania agroklimatického ukazovateľa teplotného ( $TS_{10}$ ) môžeme jasne skonštatovať, že klimatická zmena na Slovensku, a to predovšetkým zmena teplotného režimu, ovplyvnila výrazne agroklimatické členenie Slovenska. Z jednotlivých analýz uvedených na Obrázku 9 jednoznačne vyplýva výrazná zmena agroklimatickej makrooblasti teplej ( $TS_{10}$ , 3100 – 2400 °C) v rokoch 1991-2020, kde je prezentovaný posun tejto makrooblasti do vyšších nadmorských výšok.



**Obrázok 9** Zonalita teplotného agroklimatického ukazovateľa ( $TS_{10}$ ) pre obdobie (1991-2020)

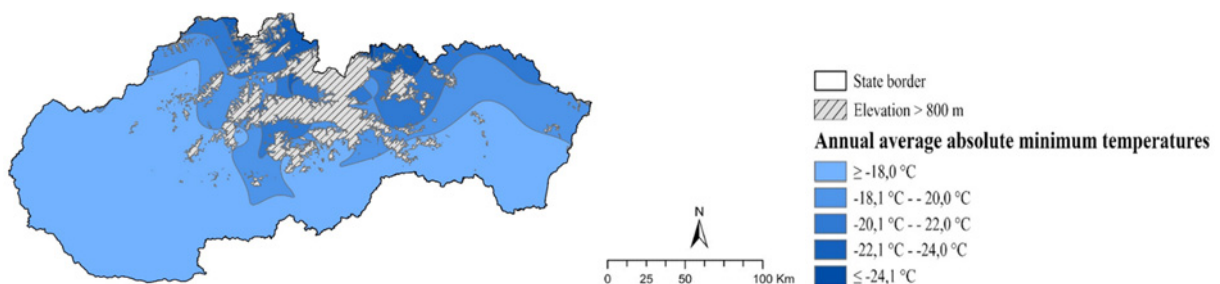
Vyhodnotenie (Obrázok 10) vlhového ukazovateľa poukázalo na zmenu zonalít, kde sa zväčšujú oblasti so zvýšeným rizikom sucha (oblasti veľmi suchá ( $K_{VI-VIII} \geq 151\text{mm}$ ))

a prevažne suchá ( $K_{VI-VIII}$  150 – 100 mm). Tieto zmeny sú v úzkom kontexte so zvyšujúcou sa priemernou teplotou a nerovnomernosťou distribúcie zrážok.



**Obrázok 10** Zonalita vlhového agroklimatického ukazovateľa ( $K_{VI-VIII}$ ) pre obdobie (1991-2020)

Z analýz agroklimatického ukazovateľa prezimovania ( $T_{min}$ ) vyplýva, že agroklimatická oblasti miernejších zím sa presúvajú do vyšších polôh, a to predovšetkým v južnej časti stredného Slovenska (Obrázok 11). Tieto posuny sú badateľné na celom území Slovenska čo je spôsobené predovšetkým vplyvom globálneho otepľovania.



**Obrázok 11** Zonalita agroklimatického ukazovateľa prezimovania ( $T_{min}$ ) pre obdobie (1991-2020)

## Záver

Realizované výskumné aktivity prispeli k splneniu nosného cieľa Aktivity 5 a zároveň poukázali na možnosti uplatnenia progresívnych riešení pri využívaní biomasy v biohospodárstve. V článku prezentované výsledky Aktivity 5 projektu Drive4SIFood boli využité pri tvorbe výstupov projektu. Konkrétne boli vytvorené metodiky: Metodika termochemickej konverzie materiálov, Metodika využitia energetického potenciálu biomasy, Metodika postupov spracovávania potravinového odpadu, ako aj aktuálna mapa agroklimatickej rajonizácie a predmet priemyselného vlastníctva.

## **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Aktivita 6: Ekonomické a právne aspekty zdravých potravín

Ján Pokrivčák<sup>1\*</sup>, Miroslava Rajčániová<sup>1</sup>, Elena Horská<sup>2</sup>, Peter Bielik<sup>3</sup>, Jarmila Lazíková<sup>4</sup>, Marián Tóth<sup>1</sup>, Kristína Predanócyová<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ústav hospodárskej politiky a financií, Fakulta ekonomiky a manažmentu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

<sup>2</sup>Ústav marketingu, obchodu a sociálnych štúdií, Fakulta ekonomiky a manažmentu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

<sup>3</sup>Ústav ekonomiky a manažmentu, Fakulta ekonomiky a manažmentu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

<sup>4</sup>Ústav práva, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

<sup>5</sup>Výskumné centrum AgroBioTech, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR

\*[jan.pokrivcak@uniag.sk](mailto:jan.pokrivcak@uniag.sk)

### Abstrakt

Cieľom príspevku je poukázať na vedecko-výskumné činnosti realizované v rámci aktivity projektu Drive4SIFood orientovanej na ekonomické a právne aspekty zdravých potravín. Výskumné činnosti sa zameriavali na ekonomické aspekty potravinovej bezpečnosti, kvalitu potravín neuromarketingové štúdie spotrebiteľských vnemov, ako aj na vytvorenie štatistických a modelových rámcov pre biohospodárstvo a produkciu biomasy. Reflektujúc cieľ predmetnej výskumno-vývojovej aktivity bolo definovaných a dosiahnutých päť základných míľnikov: model štatistických rámcov pre biohospodárstvo, model vzťahu medzi spotrebou a kvalitou potravín a zdravím obyvateľstva, identifikácia zmyslovej percepcie kvality potravín, ekonomická analýza modelov scenára produkcie biomasy, zmapovanie a aktualizácia potravinového práva Európskej únie. Realizácia aktivity umožnila prepojiť výskumné činnosti z oblasti ekonomiky, biohospodárstva, manažmentu, marketingu a práva v kontexte zdravých, udržateľných a inovatívnych potravín.

**Kľúčové slová:** biohospodárstvo, spotreba potravín, kvalita potravín, biomasa, potravinové právo

## Úvod

Aktivita „Ekonomické a právne aspekty zdravých potravín“ prepája vedecko-výskumné činnosti v oblasti biohospodárstva, potravinovej bezpečnosti, spotreby potravín, kvality potravín, produkcie biomasy a legislatívnych rámcov v piatich riešených témach. Prvá téma bola zameraná na oblasť biohospodárstva, meranie, modelovanie a podporu bioekonomiky a biohospodársku stratégiu Slovenskej republiky. Biohospodárstvo ako hospodárstvo založené na biologických zdrojoch nadobúda v politickej agende Európskej únie čoraz väčší význam, pretože jeho implementácia sa považuje za nevyhnutnú reakciu na súčasné sociálno-ekonomické problémy, akými sú zmena klímy a vyčerpávanie surovinových zdrojov. Na podporu prepojenia ekonomického rastu a environmentálnej udržateľnosti prijala Európska únia osobitnú stratégiu pre biohospodárstvo, ktorá by mala byť doplnená národnými stratégiami. V kontexte uvedeného bola primárnym cieľom témy tvorba štatistických a modelových rámcov pre biohospodárstvo.

Predmetom druhej témy bola potravinová bezpečnosť, spotreba potravín a zdravie jednotlivcov. Potravinová bezpečnosť je spájaná so zabezpečením dostatočného množstva kvalitných a nutrične vyvážených potravín pre výživu obyvateľstva a jej realizáciou by sa mala zaoberať národná výživová politika, ktorá by mala sledovať, či je na trhu dostatok potravín požadovanej štruktúry a kvality. V kontexte potravinovej bezpečnosti je dôležité brať ohľad aj na bezpečnosť potravín zahŕňajúcu výrobu, skladovanie potravín a zaobchádzanie s nimi spôsobom, ktorý zabraňuje vzniku ochorení z potravy. Uvedené teda zahŕňa postupy, ktoré by mali byť dodržané, s cieľom vyhnúť sa potenciálne nebezpečným ohrozeniam zdravia, čím je umožnené poskytovať spotrebiteľom zdraviu bezpečné potraviny. V rámci potravinovej bezpečnosti je dôležité prihliadať aj na cenovú dostupnosť potravín. Cieľom predmetnej témy bolo štúdium a identifikácia vzťahu medzi spotrebou potravín, kvalitou potravín a zdravotným stavom obyvateľstva na individuálnej aj národnej úrovni.

Ďalšia téma aktivity sa orientovala na zdravé potraviny s ambíciou realizácie výskumu zmyslovej percepcie kvality potravín prostredníctvom biometrie, neurozobrazovacích nástrojov a inovatívnych výskumných postupov. Súčasný trendy na trhu s potravinami ovplyvňujú spotrebiteľov vo výbere potravín a je preukázané, že čoraz viac spotrebiteľov si vyberá potraviny s ohľadom na ich zdravotné benefity a nutričnú kvalitu. Potraviny, ktoré spotrebiteľia konzumujú, ovplyvňujú aj ich budúce zdravie, a preto sú zdravotný aspekt a kvalita potravín považované za kľúčové motivátory, súvisiace so zmenou stravovacích návykov. V súvislosti s uvedeným bolo hlavným cieľom témy získať informácie o skutočnom vnímaní kvality

potravín a marketingových nástrojov, deklarujúcich danú úroveň kvality potravín a overenie vnímania kvality potravín vo vzťahu k ďalším zmyslovým percepciám (zrak, hmat, čuch).

Zámerom štvrtej témy bolo skúmanie ekonomiky poľnohospodárstva v kontexte klimatických zmien. Klimatické zmeny môžu spôsobiť nestabilitu väčšiny poľnohospodárskych aj lesných ekosystémov vrátane pôdnoekologických a premietnu sa do zmenených produkčných a environmentálnych funkcií pôdneho krytu, ktoré môžu postihnúť mnohé regióny Slovenska. Na druhej strane je však dôležité vyzdvihnúť, že v niektorých prípadoch, z hľadiska produkčného potenciálu tvorby biomasy, či už na orných pôdach alebo na trvalých trávnych porastoch, môže ísť o pozitívne údaje. V kontexte uvedeného bola cieľom témy ekonomická analýza poľnohospodárstva ako odvetvia, významne ovplyvneného klimatickými zmenami.

Posledná téma bola orientovaná na potravinové právo Európskej únie (EU food law). Potravinové právo, ako ucelený systém právnych predpisov týkajúcich sa potravín, sa začalo vyvíjať až v roku 2002, v súvislosti s prijatím európskeho nariadenia o všeobecnom potravinovom práve. Potravinové právo je v rámci Európskej únie jedno z najregulovanejších odvetví, postupne sa prechádza od harmonizácie bezpečnosti potravín, ktorá je už zabezpečená európskymi nariadeniami, k regulácii kvality potravín. Potravinové právo sa orientuje na riešenie otázok, týkajúcich sa bezpečnosti potravín, označovania potravín, výživových a zdravotných tvrdení o potravinách, kontroly potravín, ale aj ochrany spotrebiteľa. Vychádzajúc z uvedeného bola cieľom témy systematizácia právnych predpisov Európskej únie v oblasti potravinového práva so zameraním na bezpečnosť a výživnosť potravín.

## **Materiál a metódy**

Naplnenie cieľa aktivity bolo možné realizáciou jednotlivých tém, vzhľadom na ich rôznorodosť boli aplikované metodické prístupy zodpovedajúce charakteru oblasti a obsahu skúmania.

Prvá téma bola zameraná na tvorbu štatistických a modelových rámcov pre biohospodárstvo, ktoré umožnili kvantifikáciu biohospodárstva a zhodnotenie jeho ekonomických, environmentálnych a spoločenských dopadov na Slovensku a v Európskej únii prostredníctvom širokého spektra indikátorov. Ďalej bola vytvorená databáza údajov a indikátorov, ktoré umožnia sledovať toky z biologických materiálov po priemyselne produkty. Existujúce modely parciálnej rovnováhy (napr. AGMEMOD) boli doplnené o modelovanie biologicky založených produktov a boli využité na modelovanie



a prognózovanie dopadov politík a exogénnych faktorov na biohospodárstvo. Na základe prípadových štúdií a výsledkov modelov boli navrhnuté možnosti podpory biohospodárstva v SR a EÚ. K zhodnoteniu stratégií pre biohospodárstvo jednotlivých členských štátov EÚ boli využité aj metódy kritickej analýzy. Zdrojmi podkladových informácií boli najmä portál Európskej komisie, stratégia pre biohospodárstvo EÚ a národné biohospodárske stratégie jednotlivých krajín EÚ.

V rámci druhej témy bol hodnotený vzťah medzi spotrebou potravín, kvalitou potravín a zdravotným stavom obyvateľstva na individuálnej aj národnej úrovni, pričom boli využité dva zdroje údajov. Prvým zdrojom boli individuálne mikro údaje získané z databázy Luxembourg Income Study, ktorej primárnym cieľom je zbierať informácie o príjmoch, spotrebe a bohatstve domácností. Druhým zdrojom údajov boli inštitucionálne údaje na úrovni krajín, ktoré boli získané z viacerých zdrojov a zahŕňajú FAO Food Security Statistics, World Bank Indicators Database ako aj World Health Organization Databases. Okrem uvedeného boli aplikované aj sofistikované ekonometrické metódy. Základnou metódou sú lineárne regresie s kontrolovaním pre národné a časové fixné efekty, ďalej boli použité aj viacúrovňové modely (multilevel models), nakoľko údaje zahŕňali dve rôzne úrovne (individuálna a národná).

Hlavným cieľom tretej témy bolo zistiť, prostredníctvom inovatívnych výskumných postupov, ako vníma spotrebiteľ kvalitu produktu a jej jednotlivé atribúty, ako tieto faktory pôsobia na zmyslové vnímanie, skryté emócie a následne spotrebiteľské rozhodovanie. Nadväzujúcim cieľom bolo využiť získané výsledky pre výpočet ekonomickej efektívnosti z hľadiska nákladov, vynaložených na produkciu maximálnej kvality potravín, vnímanej a akceptovateľnej zo strany zákazníka. V záujme splnenia stanoveného cieľa boli zadané tri oblasti výskumu a ciele:

- a) Spotrebiteľské správanie slovenských spotrebiteľov pri nákupe a konzumácii zdravých a funkčných potravín. Cieľom hlavného výskumu bolo identifikovať správanie slovenských spotrebiteľov pri nákupe a konzumácii zdravých a funkčných potravín. Prvá časť výskumu bola orientovaná na zdravý životný štýl slovenských spotrebiteľov s akcentom na zdravé stravovanie. V rámci výskumu boli identifikované postoje a vnímanie slovenských spotrebiteľov k zdravým potravinám z hľadiska spotreby a kľúčové aspekty, vzťahujúce sa na nákupné správanie vrátane frekvencie nákupu potravín, preferovaného miesta nákupu a kľúčových determinantov ovplyvňujúcich proces nákupu. Druhá časť výskumu bola cielená na spotrebiteľské vnímanie funkčných potravín, ich konzumáciu a nákup. Zámerom výskumu bolo identifikovať spotrebiteľské a nákupné správanie spotrebiteľov v jednotlivých

kategóriách funkčných potravín, a to funkčné produkty z ovocia a zeleniny, funkčné pekárenské výrobky, funkčné mliečne výrobky, funkčné mäsové výrobky, funkčné nápoje, funkčné cereálne tyčinky, funkčné včelie produkty. Výskum sa vzťahoval aj na budúce smerovanie trhu s funkčnými potravinami. Výskum bol realizovaný metódou dotazníkového prieskumu v roku 2021 na vzorke 1 138 respondentov v Slovenskej republike. Zhromaždené dáta boli štatisticky vyhodnotené parametrickými a neparametrickými testami v štatistických programoch XLStat a IBM SPSS Statistics.

b) Vplyv vybraných nutričných indikátorov na spotrebiteľské preferencie na trhu s potravinami, s využitím inovatívnych výskumných metód: Hlavným cieľom bolo overiť vplyv vybraných nutričných indikátorov na spotrebiteľské preferencie na trhu s potravinami. Výskumné úlohy boli realizované s využitím dotazníkových prieskumov a rozvíjajúcich sa metód (Eyetracking, Facereading a Elektroencefalografia). Získané primárne údaje boli synchronizované s využitím synchronizačných nástrojov platformy Observer XT. Spracovanie údajov prebiehalo s využitím deskriptívnej a induktívnej štatistiky.

c) Identifikovanie spotrebiteľského vnímania zdravých, funkčných a inovatívnych potravín, zohľadňujúcich aspekt udržateľnosti a ochrany životného prostredia: V kontexte uvedeného boli výskumy zamerané na spotrebiteľské a nákupné správanie na trhu nasledovných potravín: mäso a mäsové výrobky, alternatívy mäsa a mäsových výrobkov, med a ochutené medy, mlieko a mliečne výrobky, huby. Výskumy boli realizované metódou dotazníkového prieskumu v rokoch 2020-2022 v Slovenskej republike a zhromaždené dáta boli štatisticky vyhodnotené parametrickými a neparametrickými testami v štatistických programoch XLStat a IBM SPSS Statistics.

Zámerom štvrtej témy bola ekonomická analýza poľnohospodárstva ako odvetvia významne ovplyvneného klimatickými zmenami formou vytvorenia multidisciplinárnych modelov, zameraných na scenáre produkcie poľnohospodárskej biomasy. V rámci témy bola analyzovaná poľnohospodárska výroba vo vzťahu k minimalizácii environmentálnej záťaže produkcie biomasy, jej vývoj a perspektívy, ako aj analýza výrobných faktorov v poľnohospodárstve z hľadiska ich efektívnosti a produktivity s ohľadom na meniace sa klimatické podmienky. Použitím viacerých modelov ako napr. AGMEMOD model, DEA model, Malmquistov productivity index, PASMA model bola stanovená parciálna rovnováha v odvetví poľnohospodárstva, celková efektívnosť výrobných faktorov a ich produktivita. Výskum bol zameraný aj na rozvoj a perspektívu poľnohospodárstva z hľadiska riešenia

sebestačnosti. Pozornosť bola venovaná aj zvyšovaniu zamestnanosti v sektore biohospodárstva a rastu produktivity práce v odvetviach produkujúcich biomasu.

Cieľom poslednej témy bola systematizácia právnych predpisov Európskej únie v oblasti potravinového práva so zameraním na bezpečnosť a výživnosť potravín, ako je potravinový marketing a označovanie potravín, funkčné potraviny, potraviny s výživovými a zdravotnými tvrdeniami, nové potraviny (novel foods), duševné vlastníctvo v potravinovom práve (napr. ochranná známka, vynálezy, označenia pôvodu, zemepisné označenia, zaručené tradičné špeciality), rizikový manažment potravinovej bezpečnosti. Ďalšou oblasťou bolo zmapovanie a systematizácia judikatúry Súdneho dvora, ktorá je nevyhnutným zdrojom výkladu právnych predpisov Európskej únie a jej následná aktualizácia, analýza právnych noriem potravinového práva EÚ.

## Výsledky

Výsledkom prvej témy je spojenie novo vytvorenej databázy biologicky založených produktov s modelovou platformou, ktorá pozostáva z troch vzájomne sa podporujúcich modelov: 1. Agmemod; 2. Priestorový model biologicky založených produktov; 3. Model parciálnej rovnováhy pre biologicky založené produkty. Za výsledok je možné považovať aj vytvorenie podmienok na meranie vývoja biohospodárstva v SR, čo vytvorí priestor pre regulovanie vývoja biohospodárstva v SR, ako aj priestor pre aplikovanie nástrojov podpory biohospodárstva. Ďalej boli vytvorené ekonomicko-sociálno-environmentálne modely, ktoré umožnia sledovať dopady vplyvov exogénnych nástrojov ako aj politík a regulácií na biohospodárstvo SR. V rámci predmetnej témy boli vytvorené deskriptívne indikátory, korelácie, rovnako ako kauzálne vzťahy pre tvorcov politík.

V rámci druhej témy boli identifikované faktory, ktoré významne ovplyvňujú ceny potravín a je ich možné považovať za kľúčovú časť analýzy spotreby potravín. Výsledkom témy je aj zhodnotenie vplyvu pandémie Covid-19 na vývoj cien potravín, vplyvu geopolitického rizika a neistoty na ceny potravín, vplyvu trhovej sily a spoločenskej akceptácie inovatívnych potravín. Ďalším zistením je skutočnosť, že vznikajú výrazné rozdiely medzi čínskymi a európskymi trhmi v štyroch faktoroch - sociálny vplyv; udržateľné spotrebné správanie; životné prostredie a finančná zodpovednosť. Bolo zistené, že počas epidémie vplyv sociálnej interakcie podporoval udržateľné spotrebiteľské správanie a motivoval k jeho implementácii. Výsledky ukázali, že systémy označovania potravín dokážu pozitívne ovplyvniť správanie

spotrebiteľov pri výbere potravín smerom k nutrične hodnotnejšej potravine a môžu teda pomôcť k zníženiu populácie trpiacej obezitou.

Výsledkom tretej témy bolo identifikovanie súčasných trendov na trhu zdravých, funkčných, inovatívnych a udržateľných potravín z pohľadu slovenského spotrebiteľa. Výsledky výskumu ukázali, že spotrebiteľia deklarujú záujem o zdravé stravovanie a spotrebiteľské správanie závisí od demografických charakteristík a v budúcnosti má význam venovať osobitnú pozornosť jednotlivým kategóriám spotrebiteľov, vrátane zohľadnenia demografického hľadiska. Ďalším dôležitým zistením bolo, že cena má významný vplyv na konečné rozhodnutie spotrebiteľov o nákupe potravín, čo je možné považovať za kľúčový aspekt pre budúce pokračovanie výskumu s využitím inovatívnych výskumných technológií. Realizácia výskumu zameraného na nákup a konzumáciu funkčných potravín odhalila spotrebiteľské postoje, vnímanie a správanie pri jednotlivých typoch funkčných potravín. Výsledky tiež ukázali, že nutričný indikátor má vplyv na spotrebiteľské preferencie pri vybraných potravinách (napr. funkčné potraviny) a označenie Nutri-Score je pre spotrebiteľov ľahšie pochopiteľné v porovnaní s Nutrinform. Ďalej bolo zistené, že vizuálne prevedenie jedla má vplyv na vnímanie zdravotného aspektu. Zároveň bolo vyvinuté zariadenie, ktoré je predmetom ochrany priemyselného vlastníctva v podobe úžitkového vzoru: PUV 76-2022 „Spôsob inteligentnej regulácie aromatizácie priestoru a systém na jeho uskutočnenie“. Zariadenie umožňuje inteligentnú reguláciu aromatizácie v priestore na základe živých hodnôt, a preto dokáže aromatizovať vymedzený priestor účinnejšie. Riešenie dokáže striedať až štyri rôzne arómy, určené pre daný priestor, čím sa zamedzuje efektu zvyknutia človeka na danú arómu a cielenejší vplyv na jeho čuchový zmysel. Výber arómy sa riadi, okrem údajov o kvalite vzduchu, aj informáciami o aktuálnom počasí, ktoré má vplyv na šírenie aromatizácie a preferencií ľudí.

Výsledkom štvrtej témy je zhodnotenie efektívnosti výrobných faktorov poľnohospodárstva vzhľadom na ich environmentálne dopady v kontexte meniacich sa klimatických scenárov a identifikovanie možností implementácie obehovej ekonomiky na úrovni agrosektora. Výsledky výskumu sa orientovali na riešenie sebestačnosti prostredníctvom rozvoja poľnohospodárstva, ako aj na zvyšovanie zamestnanosti v sektore biohospodárstva a rastu produktivity práce v odvetviach produkujúcich biomasu.

Výsledky piatej témy sa vzťahujú na vybrané právne úpravy, týkajúce sa zdravotných a výživových tvrdení o potravinách v potravinovej legislatíve EÚ v kontexte rozsudkov Súdneho dvora EÚ. Výsledky témy poskytujú zvýšenie právneho povedomia spotrebiteľov a orientujú sa na ochranu spotrebiteľov prostredníctvom poskytovania informácií spotrebiteľom

za účelom ich racionálneho rozhodovania. Správne pochopenie vedomostí spotrebiteľov o označovaní potravín a ich vnímaní je nevyhnutným predpokladom rozvoja a implementácie koherentných a vhodných politík bezpečnosti potravín. Výsledkom témy je aj zvýšenie právneho povedomia podnikateľských subjektov v agropotravinárstve za účelom lepšieho presadzovania svojich podnikateľských aktivít na domácom trhu a na vnútornom trhu EÚ.

## **Záver**

Aktivita „Ekonomické a právne aspekty zdravých potravín“ sa orientovala na skúmanie biohospodárskej stratégie, spotreby potravín v kontexte zdravotného aspektu a nutričnej kvality, ako aj na ekonomickú analýzu poľnohospodárstva, ovplyvneného klimatickými zmenami a potravinové právo zohľadňujúce bezpečnosť a výživnosť potravín. Výsledky jednotlivých tém prispeli k naplneniu kľúčového cieľa aktivity a boli publikované vo vedeckých časopisoch a aktívne prezentované na medzinárodných konferenciách, organizovaných doma aj v zahraničí. Na základe výsledkov realizovaných výskumov boli formulované aj odporúčania pre tvorcov politík, spotrebiteľov, výrobcov potravín a širokú odbornú a laickú verejnosť, čím riešená aktivita nadobudla teoreticko-aplikačný charakter.

## **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 7: Potravinový inkubátor ako nástroj na podporu vývoja inovatívnych potravín**

*Adriana Kolesárová<sup>1,2\*</sup>, Lucia Benešová<sup>1</sup>, Patrícia Joanidis<sup>1</sup>, Anna Kolesárová<sup>3</sup>,  
Eva Kováčiková<sup>1</sup>, Andrea Mendelová<sup>3</sup>, Lucia Zeleňáková<sup>3</sup>, Jozef Golian<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Výskumné centrum AgroBioTech, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika*

<sup>2</sup>*Ústav aplikovanej biológie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská  
poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika*

<sup>3</sup>*Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska  
univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika*

*\*[adriana.kolesarova@uniag.sk](mailto:adriana.kolesarova@uniag.sk)*

### **Abstrakt**

Globalizácia, meniace sa podmienky prostredia, produkcia odpadu, ale aj súčasné požiadavky rôznych skupín spotrebiteľov na kvalitné a moderné potraviny predstavujú nové výzvy pre hraničný výskum 21. storočia. Nárast chorôb súvisiacich so stravovaním (obezita, cukrovka, osteoporóza a kardiovaskulárne ochorenia) sa stáva dôležitým spoločenským problémom a výzvou pre udržateľnejšiu spoločnosť. Táto skutočnosť rozvíja dôležité trendy v spotrebe potravín, vrátane rastúceho dopytu po inovatívnych potravinách s prírodnými vlastnosťami a so zdravotnými tvrdeniami (potraviny s pridanou hodnotou a obohatené potraviny). Z toho dôvodu bol vytvorený Potravinový inkubátor ako priestor pre pilotné testovanie a validáciu vyvinutých laboratórnych technológií v laboratórnych podmienkach simulujúcich priemyselne relevantné prostredie, čo predstavuje prvú úroveň v zmysle trojúrovňového konceptu inkubátorov a akceleratorov. V rámci druhej roviny fungovania poskytuje potenciál pre možnú podporu pre transfer inovatívnych technológií a poznatkov do praxe prostredníctvom diseminačných a konzultačných činností s využitím potenciálu projektového konzorcia. V rámci tretej roviny poskytuje pilotné testovanie a validáciu navrhnutých reformulovaných potravín a navrhnutých potravín a výrobkov.

**Kľúčové slová:** potravinový inkubátor, inovatívne výrobky, cereálie, nápoje, nátierky

## Úvod

Zaručenie kvality potravinárskej výroby vyžaduje synergiu, interdisciplinárny a progresívny prístup prospievajúci k produkcii zdravých, funkčných a bezpečných potravín udržateľných aj za súčasných podmienok klimatickej zmeny. Súčasné výzvy vo výžive je potrebné riešiť komplexne, s ohľadom na vulnerabilné skupiny obyvateľstva, potravinovú stabilitu a bezpečnosť. V kontexte požiadaviek konzumenta 21. storočia je nevyhnutné vytvárať podmienky pre výskum v oblasti vývoja progresívnych technológií pre novú generáciu inteligentných potravín s vysokou pridanou a nízkou energetickou hodnotou a chemoprotektívnym účinkom na ľudské zdravie. Súčasné trendy v potravinárskom priemysle sú podmienené zvyšujúcou sa produkciou potravín aj z dôvodu zvyšujúcej sa populácie, čo môže mať za následok znižujúcu sa kvalitu potravín. Výskum a vývoj inovatívnych potravín, ktoré podmieňujú udržateľné zdravie, najmä vulnerabilných skupín obyvateľov, je nevyhnutné.

## Výsledky a diskusia

V rámci riešenia projektu Aktivity 7 bol vytvorený Potravinový inkubátor ako priestor pre (1) pilotné overovanie vyvinutých technológií a nových postupov v laboratórnych podmienkach simulujúcich priemyselne relevantné prostredie, (2) pilotné testovanie a validáciu navrhnutých reformulovaných potravín a navrhnutých potravín a výrobkov, ako aj (3) transfer inovatívnych technológií a poznatkov do praxe prostredníctvom diseminačných a konzultačných činností s využitím potenciálu projektového konzorcia. Vybudovaný akademický technologický inkubátor je priestor zameraný na vytváranie priaznivého a podporného prostredia pre využitie nových poznatkov a realizáciu inovatívnych podnikateľských myšlienok, prispieva k transferu technológií a podporuje potenciál pre aplikovanie výsledkov výskumnej činnosti v agropotravinárskom sektore. Potravinový inkubátor bol vybudovaný po materiálo-technickej stránke a svojou infraštruktúrou v Technologickú prípravovni výrobkov, Centre vývoja cereálnych produktov a Centre vývoja nápojov v prepojení aj na existujúcu laboratórnu infraštruktúru Výskumného centra AgroBioTech (VC ABT) poskytuje priestory pre overovanie navrhnutých reformulovaných potravín a výrobkov. Súčasne Technologická prípravovňa výrobkov slúži ako tréningový a prezentačný priestor (workshopy) pre vývoj, výrobu a inováciu pokrmov a hotových jedál v súlade s nutričnými požiadavkami a požiadavkami na šetrnú prípravu so zachovaním hlavných nutrientov. V rámci danej aktivity boli navrhnuté prototypy čajové sušienky

s prídavkom lyofilizovaného ovocia, sušené ovocie jednodruhovú, 100 % jablková šťava, cicerová nátierka, mandľovo – kokosové sušienky, oplátky klasik, oplátky vegan. V Centre vývoja cereálnych produktov a Centre vývoja nápojov boli pilotne testované a validované technologické postupy uvedených prototypov s efektívnym využitím a inovatívnym spracovaním produktov a nápojov na báze ovocia, zeleniny a i. prostredníctvom lisovania, filtrovania a pod. V Potravinovom inkubátore v prepojení aj na existujúcu výskumnú infraštruktúru VC ABT sa realizujú výskumné a vývojové činnosti úzko nadväzujúce a prepojené s inými aktivitami v rámci riešenia projektu v oblasti návrhu nových výrobkov s vysokou pridanou hodnotou, reformulovaných výrobkov so zmenou vybraných zložiek oproti klasickým výrobkom, výrobkov s použitím netradičných surovín, resp. výrobky obohatené o niektoré nutrične významné zložky. Vysokou pridanou hodnotou nového moderného vybavenia Potravinového inkubátora je sprístupnenie originálnych výskumných poznatkov a praktických skúseností z oblasti agropotravinárstva a gastronómie, možnosť overenia ich sensorickej kvality, ako aj inovatívneho využitia a komerčného potenciálu. Výstupy aktivity sú zárukou priameho prepojenia a nadväznosti vzdelávania, výskumu, mentoringu a praktického tréningu v unikátnej kombinácii s ostatnými aktivitami. Navrhnuté a realizované vzdelávacie a tréningové programy, mentoring, neformálne školenia, ako aj networking prispieva k rozvoju technologických a podnikateľských zručností a vytvára priestor pre vzájomnú výmenu skúseností. Cieľovými skupinami sú študenti, startupisti a mladá generácia s podnikateľskými ambíciami, ktorí majú záujem o aplikáciu výsledkov výskumnej činnosti do podoby inovatívneho produktu. Kľúčovými partnermi Potravinového inkubátora sú partneri zastrešujúci potravinárske a gastronomické podniky, partneri z výskumných centier a univerzít s cieľom vytvorenia nového, inovovaného výrobku, overenia technológie alebo technologickej inovácie, ako aj partneri z vedeckovýskumnej základne zaoberajúcej sa výskumom a inováciami v potravinárstve a partneri zo zahraničných pracovísk s cieľom výmeny skúsenosti, technológií, inovačných postupov a informácií.

Dopyt po zdravých výrobkoch výrazne ovplyvňuje návyky spotrebiteľov. V súčasnej dobe prevláda trend obohacovania jednotlivých druhov cereálnych potravín o zdraviu prospešné zložky. Sušienky patria medzi najvyhľadávanejšie a najobľúbenejšie cereálne výrobky. Konzumujú ich takmer všetky skupiny spotrebiteľov na celom svete, preto ich považujeme za hodnotný doplnok na zlepšenie výživy. Na zvýšenie nutričnej hodnoty sa sušienky zvyknú obohacovať o funkčnú zložku (Chauhan et al., 2016). Potraviny na báze obilnín sa celosvetovo konzumujú ako základná potravina pre energiu a živiny v rôznych formách, ako sú pekárenské výrobky, rezance a cestoviny, ľahké jedlá, raňajkové cereálie a iné



(Tebben, Shen, a Li, 2018; Xu, Wang a Li, 2019). Rastie dopyt po bezpečkových pekárenských výrobkoch od skupín s celiakiou, citlivosťou na lepok a/alebo zdravotným vedomím (Xu et al., 2020). Rôznorodá dostupnosť bezpečkového pečiva zvyšuje výber potravín pre jednotlivcov s bezpečkovou diétou. Spomedzi nich sa chlieb a sušienky považujú za celosvetovo najviac konzumované bezpečkové potraviny na báze obilnín (Jnawali, Kumar a Tanwar, 2016). Okrem chlebových výrobkov získavajú čoraz väčší záujem aj chemicky kysnuté bezpečkové výrobky, ako sú koláče, muffiny a sušienky, a to pre ich pohodlie a jedinečnú chuť a textúru (Xu et al., 2020). Viaceré štúdie bezpečkových sušienok používali múky z obilnín ako ryža, kukurica, cirok, či proso, strukovín, pseudocereálií a ich zmesí. Ryžová múka je jednou z najčastejšie používaných bezpečkových múk a často sa kombinuje s inými múkami, napr. s kukuričnou múkou a zemiakovým škrobom (Šarić et al., 2019), či kukuričnou múkou a hrachovým proteínom (Mancebo, Rodriguez, a Gómez, 2016). Okrem toho sú sušienky vyvinuté aj z ovsu (Duta a Culetu, 2015), pohánkovej múky, múky z prosa a chia semienok (Brites et al., 2019), fazuľovej múky (Simons a Hall, 2018) a múky zo semien lucerny (Giuberti et al., 2018). Okrem toho, niektorí autori skúmali ešte netradičnejšie múky s cieľom inovovať sušienky pre celiatikov, napr. gaštanovú múku (Paciulli et al., 2018), kokosovú múku (Paucean, Man, Muste, a Pop, 2016) a konjakovú múku (Akesowan, 2016).

Sušienky typu „cookies“ sa stali jedným z najžiadanejších pochutín pre mladých aj starších ľudí kvôli ich nízkym výrobným nákladom, väčšiemu pohodliu, dlhej skladovateľnosti a schopnosti slúžiť ako nosič dôležitých živín. Spotreba podobných výrobkov sa zvyšuje aj v dôsledku urbanizácie a nárastu počtu pracujúcich žien. Potravinársky priemysel môže využiť tento vývoj výrobou výživných pekárenských potravín (Akubor, 2003; Hooda a Jood, 2005). Cookies sa nepovažujú za základnú potravinu ako chlieb, ale môžu byť vhodnými nosičmi vlákniny z dôvodu ich dlhšej skladovateľnosti, a teda umožňujú ich veľkovýrobu a širokú distribúciu (Vratania a Zabik, 1978). Townsend a Buchanan (1967) vyvinuli mliečne sušienky s vysokým obsahom bielkovín, ktoré mali nielen dlhšiu trvanlivosť, ale uľahčili aj jednoduchú prepravu, skladovanie a distribúciu, čo viedlo k ich použitiu ako núdzovej potraviny v čase prírodných katastrof (Nagi et al., 2012). V súčasnosti sa spotrebitelia oveľa viac zaujímajú o svoje zdravie a požadujú potravinové produkty, ktoré prinášajú zdravotné výhody so zníženým obsahom kalórií, nízkym obsahom cukru, vysokým obsahom bielkovín a vlákniny. Spotrebitelia tiež hľadajú produkty, ktoré sú prirodzenejšie. Nízkokalorické produkty môžu byť vyvinuté pridaním objemových činidiel, ktoré majú vysokú schopnosť absorbovať vlhkosť, čo vedie k zníženiu kalórií o jednu tretinu (Nagi et al., 2012). V dôsledku zmeny životného štýlu pribúdajú dôkazy o ochoreniach, ako je vysoký krvný tlak, cukrovka, kardiovaskulárne

ochorenia a podobné ďalšie ochorenia. Aj rastúca populácia s ubúdajúcimi zdrojmi potravy viedla k podvýžive, ktorá vyvoláva veľké obavy. Takíto ľudia potrebujú diétu bez cukru, vysoký obsah bielkovín a vlákniny. K tomuto účelu je možné obohacovať sušienky napríklad múkou z hrachu, múkou zo sójových bôbov či ovsených vločiek (Amin et al., 2015).

V posledných rokoch existuje všeobecný trend opätovného využitia priemyselných vedľajších produktov, ktoré by sa inak vyhodili ako odpad (Arraibi et al., 2021). Medzi nimi veľké množstvo zvyškov (predstavujúcich približne 25 % pôvodného ovocia) vytvára spracovanie jablčnej šťavy (Bhushan et al., 2008). Tento vedľajší produkt jablkového priemyslu, známy ako jablkové výlisky, pozostáva v podstate 94,1 % zo šupiek, 4,1 % zo semien a 1,8 % z dužiny (Cargnin a Gnoatto, 2017). Odhaduje sa, že každý rok sa celosvetovo vyprodukuje celkovo niekoľko miliónov metrických ton jablkových výliskov (Lyu et al., 2020), ktoré sú bohaté na biologicky aktívne látky, najmä polyfenoly a prírodné antioxidanty (Valková et al., 2021). Okrem toho i hroznové semená, hlavný priemyselný vedľajší produkt zo spracovania vína a šťavy, obsahujú vysoké množstvá biologicky aktívnych zložiek, ktoré prospievajú zdraviu. Najcennejšie zlúčeniny hroznových semien sú monoméne fenolové látky (napr. epikatechín, epikatechín-3-O galát a katechín), dimérne, trimérne a tetramérické prokyanidíny (Mandic et al., 2008). Podľa Sprangera (2008) obsah fenolových látok v semenách je oveľa vyšší ako v šupkách a stonkách hrozna. Okrem toho sú hroznové semená vhodnými základnými materiálmi na výrobu doplnkov stravy s antioxidantnou aktivitou (Selcuk et al., 2011). Pokiaľ ide o chlieb, zistilo sa, že fenolické zlúčeniny majú preventívny účinok proti generovaniu karcinogénov (ako je akrylamid) počas pečenia (Xu et al., 2019). Použitie tohto odpadu v iných výrobkoch by teda mohlo viesť k eliminácii environmentálnych záťaží, a tým k zníženiu rizík pre verejné zdravie (Lyu et al., 2020). Okrem toho, opätovné použitie vedľajších produktov v agro-priemysle je dôležité pre hospodársky rozvoj a udržateľnosť (Curutchet et al., 2021). V rámci výskumov na našom pracovisku napríklad Valková et al. (2022) zistili, že prídanie 10 % jablčných výliskov je atraktívnou zložkou aplikovanou do chleba na získanie pekárskeho výrobku s vysokou nutričnou hodnotou a požadovanými kvalitatívnymi a sensorickými vlastnosťami. V tejto koncentrácii jablčné výlisky ako vedľajšie produkty zo spracovania jablkovej šťavy možno efektívne využiť v ekologický spôsob potravinárskeho priemyslu na zníženie zbytočného odpadu a znečistenia životného prostredia. Okrem toho s cieľom zlepšiť funkčnosť bieleho chleba nahradením pšeničnej múky rôznym obsahom mikroprašku z hroznových jadierok sa zistilo, že 5 – 8 % prídavok mal pozitívny vplyv na cesto, prejavujúci sa zvýšenou stabilitou cesta. Naopak, objem experimentálnych chlebov (koncentrácia nad 1 %) sa preukázateľne znížil ( $p < 0,0001$ ) v porovnaní s kontrolným

chlebom. V rámci senzorického hodnotenia chlieb obohatený o 1 % prídavok mikroprášku z hroznových jadierok posúdili spotrebitelia ako najpriateľnejší s najvyšším skóre pre všetky atribúty kvality, čo sa tiež potvrdilo podľa údajov e-nosa a e-oka. Výsledky teda naznačujú prídavok 1 % mikroprášku z hroznových jadierok ako sľubnú funkčnú prísadu na zlepšenie chleba s požadovanými kvalitatívnymi a senzorickými vlastnosťami (Valková et al., 2020).

Zaujímavým prístupom pri výrobe cereálnych výrobkov je aplikácia vybraných lyofilizovaných druhov ovocia. Ich prínosom je predovšetkým zatriktívnenie potravinárskych produktov a možnosť vyvíjať nové produkty so zaujímavým nutričným potenciálom. Lyofilizácia sa považuje za najžiadanejšiu metódu sušenia, ktorá vo veľkej miere zabraňuje poškodeniu štruktúry sušeného materiálu a umožňuje tým značné zachovanie nutrientov v nezmenenom stave (Calín-Sánchez et al., 2020), preto bola pri príprave týchto výrobkov zvolená táto metóda sušenia ovocia. Za dôležitú tiež považujeme aj orientáciu na suroviny, ktoré sú vyrábané lokálne a bez výrazného zaťažovania životného prostredia a bez zvyšovania uhlíkovej stopy potravín. V našich výrobkoch zvolené plody čiernych ríbezlí (*Ribes nigrum* L.), sú ako inovatívna, nepekárska a lokálna surovina, vhodným materiálom, ktoré vďaka nutričnému zloženiu a zaujímavej farbe cesta prispieva k atraktivite týchto nových výrobkov so zvýšeným potenciálom zdravotných benefitov. Plody čiernych ríbezlí (*Ribes nigrum* L.) obsahujú vysoké koncentrácie antokyanov, proanthokyanínov, kvercetínu, myricetínu, fenolových kyselín a izohamnetínu (Karjalainen et al., 2009). Výskum ukázal, že tieto flavonoidy majú neuroprotektívnu aktivitu. Okrem antimutagénnych, antimikrobiálnych, protizápalových, protirakovinových a antihypertenzívnych vlastností, bobule a listy čiernych ríbezlí vo všeobecnosti vykazujú veľmi silnú biologickú aktivitu súvisiacu s inhibíciou bunkovej proliferácie (Puupponen-Pimiä et al., 2005; Tabart et al., 2012; Paunović et al. 2017). Okrem toho majú čierne ríbezle aj vysoký obsah vitamínu C, čo prispieva k ich vysokej antioxidačnej aktivite. Čierne ríbezle predstavujú v Európe dôležitý zdroj ovocia s výborným uplatnením v potravinárskom priemysle, hlavne kvôli svojim farebným a organoleptickým vlastnostiam, čo z nich robí vhodný materiál pre rôzne potravinárske aplikácie (Karjalainen et al., 2009).

Jablká (*Malus domestica*) predstavujú jednu z najvýživnejších potravín. Obsahujú vysoký podiel vody, sacharidov, organických kyselín, vitamínov (najmä vit. C, E a B6), minerálnych látok (železo, zinok, meď, mangán), polyfenolov a v neposlednom rade vlákniny (Musacchi a Serra, 2018; Oyenihni et al., 2022). Obsah týchto zdraviu prospešných látok sa mení vplyvom odrody, krajiny či oblasti pestovania a taktiež je odlišný v rôznych častiach plodov (šupka, dužina, semeno a pod.) (Kalinowska et al., 2014). Tieto látky dodávajú telu nielen

energiu, ale taktiež sa podieľajú na chode mnohých procesov v tele, ako je rast a zdravie kostí, fungovanie imunity, trávenie a pod. (Pal et al., 2020). Najčastejšie sa jablká konzumujú za čerstva, vo forme štiav a nápojov, ako napr. víno, jablčný mušt a pod. (Candrawinata et al., 2013). Okrem toho neustále narastá aj konzumácia sušených plodov. Výhody sušenia spočívajú v dehydratácii plodov, čím dochádza k znižovaniu mikrobiálnej aktivity a znehodnocovaniu produktov. Sušením vieme taktiež predĺžiť dobu trvanlivosti produktu (Omolola et al., 2017; Akman et al., 2019).

Funkčné nápoje obsahujú zložky, ktoré poskytujú špecifické benefity pre ľudský organizmus. Sú to nápoje obohatené o vitamíny, minerálne látky, aminokyseliny, vlákninu či antioxidanty (Ahmad a Ahmed, 2019). Dnes sú známe nápoje, ktoré deklarujú rôzne prírodné alternatívy dodávajúce telu mentálnu silu a energiu s obsahom taurínu a kofeínu. Na trhu sú nápoje obsahujúce semená olejnatých rastlín, ako sú napríklad chia alebo ľanové semená (Chandasekara a Shahidi, 2018). Nápoje určené špeciálne pre tehotné ženy sú obohatené kyselinou listovou (Valduga et al., 2018). Výťažky z bylín a korením sa používajú na zlepšenie sensorických vlastností nápojov, atraktivity pre konzumentov a zároveň majú podľa druhu použitej byliny rôzne terapeutické vlastnosti, ako sú antioxidačné, protizápalové, antidiabetické, antihypertenzívne alebo antimikrobiálne účinky (Lai a Roy, 2004; El-Sayed, Youssef, 2019). Stanisavljević et al. (2019) navyše uvádzajú, že nápoje na báze liečivých a aromatických rastlín, alebo s ich prídavkami sú najdostupnejšími zdraviu prospešnými výrobkami, ktoré obsahujú biologicky aktívne látky rastlinného pôvodu.

Cícer baraní (*Cicer arietinum* L.) je starosvetská strukovina (jedlé semená rastlín) a tradične sa začleňuje do mnohých kulinárskych receptov pre svoju orieškovú chuť a všestrannosť, sensorické využitie v potravinách (Wallace et al., 2016). Je jednou z najviac konzumovaných strukovín na svete. Cícer má vysoký obsah bielkovín, vlákniny, polynenasýtených mastných kyselín, vitamínov, minerálnych látok a polyfenolov. Vďaka nim je táto strukovina považovaná za dobrý zdroj energie a výbornú možnosť pre spotrebiteľov, ktorí hľadajú zdravé potraviny (Martínez-Preciado et al., 2020). Obsahuje 18 – 30 % bielkovín, 4,7 – 8,2 % tuku a 44 % sacharidov, vitamínov a minerálnych látok (Zetochová, 2020). Vyhláška MPRV SR č. 132/2014 Z. z. definuje nátierku ako výrobok z ovocia alebo výrobok zo zeleniny polotuhej alebo tuhej homogénnej rôsolovitej konzistencie, do ktorého môže byť pridaný cukor, iné sladidlo, iné prísady alebo prídavné látky. Stav poznania alebo praxe v oblasti výroby strukovinových nátierok je v súčasnosti u nás iba v začiatkoch. Strukovinové nátierky sú novým výrobkom a alternatívou k tradičným nátierkam na báze živočíšnych produktov. Strukovinové nátierky obsahujú všetky výživné látky pochádzajúce jednak

zo strukovín, ako aj obohacujúcich zložiek. Konečnú kvalitu nátierok určuje kvalita každej použitej suroviny, ako aj samotná príprava a vybavenie použité pri ich príprave (Sharma, 2021; Rui a Hooper, 2022). Benediková et al. (2016) pri príležitosti dňa otvorených dverí Génovej banky SR a výstavy genetických zdrojov strukovín a liečivých rastlín popísali rôzne zdravé recepty zo strukovín. Okrem polievok či hlavných jedál, ako sú fašírky, placky, prívarky, sa obľube tešia aj nátierky na báze strukovín. Veľmi populárne sú napr. cícerová nátierka s reďkovkovými lístkami a avokádom, fazuľová nátierka – pečená paštéta, cícerová nátierka s cibuľkou alebo mrkvou, cícerovo-mrkvová nátierka s chrenom, hummus - cícerová nátierka, hummus z bielej fazule. Cícer alebo iná strukovina sa deň vopred namočí do vody, scedí sa nechá uvariť do mäkka, alebo jednoduchší variant je kúpiť už hotový sterilizovaný cícer. Následne sa uvarený cícer rozmixuje a pridajú sa ďalšie ingrediencie: olej, maslo, soľ, korenie, citrónová šťava, sójová omáčka, chren a rozmixuje sa na hladkú kašu. Nátierky je vhodné konzumovať s opečeným teplým pečivom alebo s kukuričnými lupienkami Nachos (Kirse-Ozolina et al., 2016; Akusu et al., 2018).

Oplátky predstavujú historicky jeden z najvýznamnejších cereálnych výrobkov, nakoľko boli základom stravy našich predkov. Cereálie celkovo v našom jedálničku zohrávajú kľúčovú úlohu. Z hľadiska nutričného je však problematický nižší obsah lyzínu, ako esenciálnej aminokyseliny. Inovatívne produkty predstavujú z tohto pohľadu účinný prostriedok zvýšenia zdraviu prospešných látok. V rámci aktivity bola navrhnutá základná pilotná receptúra pre oplátky, ktorá sa bude efektívne vyvíjať ďalej hlavne z hľadiska obohacovania, či už pseudoobilninami, strukovinami prípadne liečivými rastlinami. Vzhľadom na skutočnosť, že v populácii pribúda vegetariánstvo a vegánstvo ako životný štýl, bola vyvinutá aj pilotná receptúra na vegánske oplátky, ktorá sa postupne podľa potreby bude vyvíjať a zdokonaľovať.

## **Záver**

Riešenie projektu v rámci Aktivity 7 reagovalo na aktuálny stav identifikovaných potrieb, ako aj na súčasné požiadavky vulnerabilných skupín spotrebiteľov na kvalitné a moderné potraviny. Cieľom aktivity bolo vytvoriť Potravinový inkubátor v rámci Výskumného centra AgroBioTech Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre ako priestor pre pilotné testovanie a validáciu vyvinutých laboratórnych technológií v laboratórnych podmienkach simulujúcich priemyselne relevantné prostredie, čo predstavuje prvú úroveň v zmysle trojúrovňového konceptu inkubátorov a akceleratorov. V rámci druhej roviny fungovania Potravinového inkubátora poskytuje potenciál pre možnú podporu pre transfer

inovatívnych technológií a poznatkov do praxe prostredníctvom diseminačných a konzultačných činností s využitím potenciálu projektového konzorcia. Zaručenie kvality potravinárskej výroby, produkcie zdravých a bezpečných potravín udržateľných aj v podmienkach negatívnych dopadov klimatickej zmeny v kontexte požiadaviek konzumentov je nevyhnutné dosiahnuť prostredníctvom nových, progresívnych technológií pre produkciu novej generácie inteligentných potravín s vysokou pridanou a nízkou energetickou hodnotou a chemoprotektívnym účinkom na ľudské zdravie.

### **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Aktivita 8: Moderné systémy a procesy pre konkurencieschopnú produkciu bezpečných potravín

Eva Kačliková<sup>1\*</sup>, Zuzana Ciesarová<sup>2</sup>, Jana Minarovičová<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav potravinársky, Odbor mikrobiológie, molekulárnej biológie a biotechnológií, Priemyselná 4, 82475 Bratislava

<sup>2</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav potravinársky, Odbor chémie a analýzy potravín, Priemyselná 4, 82475 Bratislava

\*[eva.kaclikova@nppc.sk](mailto:eva.kaclikova@nppc.sk)

### Abstrakt

Na zlepšenie pozície slovenských výrobcov potravín na trhu je potrebné prinášať nové, inovované, zdraviu prospešné a bezpečné potraviny s pridanou hodnotou vyrobené z domácich surovín. Projekt Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny ponúkol hodnotnú platformu pre podporu inovácií v potravinárskej výrobe. Aktivita A8 bola venovaná vývoju progresívnych metód a technológií zameraných na (1) redukciu, resp. elimináciu nežiaducich mikroorganizmov v potravinách, prevenciu a kontrolu mikrobiálnej kontaminácie v potravinárskych prevádzkach, (2) optimalizáciu výrobných procesov s cieľom prevencie vzniku a eliminácie procesných a chemických kontaminantov, a (3) vývoj a optimalizáciu šetrnejších a energeticky menej náročných technologických procesov pri zachovaní kvality a bezpečnosti výrobkov s potenciálom zvýšenia nutričnej a senzorickej hodnoty.

**Kľúčové slová:** bezpečnosť potravín, kontaminanty, patogény, akrylamid, asparagináza

### Úvod

V oblasti mikrobiologickej bezpečnosti potravinárskej produkcie sú závažným problémom baktérie schopné perzistovať v potravinárskych prevádzkach. *L. monocytogenes* je závažný patogén, ktorého vlastnosti predurčujú jeho dobrú adaptáciu, schopnosť kolonizovať a dlhodobo prežívať na výrobných zariadeniach a kontaminovať finálne výrobky. Z hľadiska mikrobiologickej bezpečnosti potravín je nevyhnutné na vystopovanie perzistentnej kontaminácie vo výrobnom reťazci aplikovať vhodné molekulárno-biologické metódy typizácie na určenie klonality izolátov. Z hľadiska cielenej eliminácie sa do popredia dostávajú alternatívne metódy použitím nových prístupov, napr. aplikáciou špecifických bakteriofágov.

V oblasti bezpečnosti potravín z hľadiska prítomnosti chemických kontaminantov sú aktuálne také postupy v technológii spracovania potravín, ktoré zabezpečia čo najnižšiu tvorbu, resp. migráciu procesných a chemických kontaminantov pri tepelnom spracovaní surovín rastlinného pôvodu. Spomedzi nich je v centre pozornosti prevencia vzniku akrylamidu v tepelne spracovaných potravinách rastlinného pôvodu a poskytnutie účinnej pomoci a poradenstva výrobcom pri implementácii Nariadenia Komisie (EÚ) 2017/2158 z 20. novembra 2017, ktorým sa stanovujú opatrenia na minimalizáciu množstiev akrylamidu a jeho referenčné hodnoty v potravinách. Výskum v oblasti potravinárskych technológií sa orientuje na využitie inovovaných procesov v rôznych stupňoch výroby s cieľom minimalizovať tepelnú a chemickú záťaž potravinových výrobkov spojenú s nežiaducimi zmenami z hľadiska zachovania kvality a bezpečnosti hotových výrobkov. Súčasným trendom je znižovanie miery tepelného zaťaženia vyrábaných potravín pri energeticky úspornejšom technologickom procese, čo je aj z ekonomického hľadiska považované za stále aktuálnejšie až nevyhnutné.

### **(1) Zvýšenie bezpečnosti a kvality potravín aplikáciou nových metód na vystopovanie, redukciiu resp. elimináciu bakteriálnych patogénov v potravinárskom reťazci**

Zámerom tejto časti riešenia aktivity bola identifikácia patogénnych baktérií, zdrojov, ciest prenosu a perzistencie v potravinárskych prevádzkach a hodnotenie účinnosti alternatívnej metódy cielenej eliminácie identifikovaných patogénov použitím bakteriofágov.

#### **Materiál a metódy**

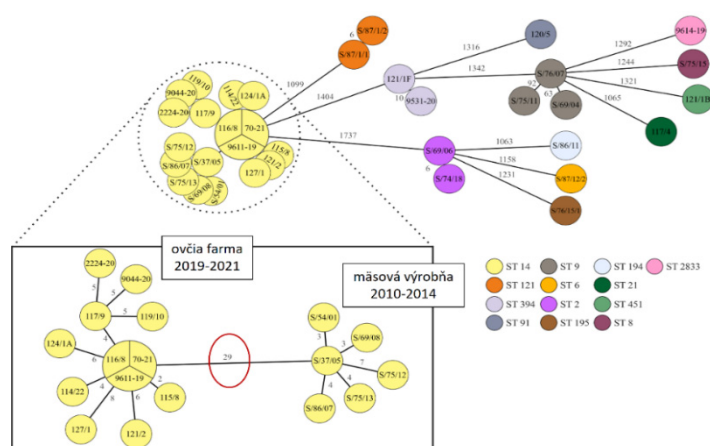
Riešenie bolo zamerané na identifikáciu a charakterizáciu izolátov *L. monocytogenes* v potravinárskom reťazci, konkrétne v produkcii ovčieho mlieka na farme a v tradičnej mäso spracujúcej prevádzke s cieľom vystopovať perzistentnú kontamináciu (Véghová et al., 2016; Minarovičová et al., 2023). Na tento účel sa použili viaceré metódy molekulárnej typizácie. Na rozlíšenie všetkých získaných izolátov sme použili metódu celogenómovej makrorestrikčnej analýzy s fragmentáciou v pulznom elektrickom poli (AscI-ApaI/PFGE) a metódu molekulárnej sérotypizácie použitím multiplexnej PCR. Pomocou multilokusovej sekvenačnej typizácie (MLST) sme izoláty zaradili do sekvenčných typov (ST). Vybrané kmene sme podrobili celogenómovej sekvenačnej analýze a na základe platformy cgMLST (1748 génov) sme určili ich klonalitu na určenie perzistencie. Navrhli, optimalizovali a validovali sme typizačnú metódu multilokusovej analýzy variabilného počtu tandemových repetícií (MLVA). Na hodnotenie cielenej eliminácie využitím bakteriofágov sme použili



komerčný preparát PhageGuard Listex (Microcos Food Safety B.V., Netherlands) a hodnotili sme jeho účinnosť na súbore izolátov *L. monocytogenes* s odlišnými genotypovými a fenotypovými charakteristikami, vrátane miery perzistencie a tvorby biofilmov.

## Výsledky a diskusia

Pomocou molekulárnej sérotypizácie sme izoláty zaradili do štyroch séroskupín (IIa, IIc, IVb a IIb) s výraznou prevalenciou séroskupiny IIa (64%). Jednotlivé typizačné metódy sa prezentovali mierne odlišnou diskriminačnou silou, identifikovali sme 13 ST, 15 profilov PFGE a 16 profilov MLVA. Výsledky ukázali mierne vyššiu rozlišovaciu schopnosť MLVA v porovnaní s PFGE. Použitím MLVA sme dosiahli spoľahlivé primárne rozlíšenie izolátov *L. monocytogenes* (Rešková et al., 2023). Z celogenómového sekvenovania 35 izolátov sa extrahovali údaje MLST-ST a cgMLST. Izoláty sa rozdelili do 16 cgMLST profilov, pričom 5 klastrov obsahovalo 2 a viac izolátov do 10 alelických rozdielov, čo je miera klonality na identifikáciu perzistentných kmeňov (Obrázok 1). Identifikovali sme perzistentné kmene ST14 ako dva relatívne príbuzné klastre z dvoch rôznych prevádzok, v rôznom čase (Minarovičová et al., 2023; Rešková et al., 2023). Na hodnotenie účinnosti bakteriofágového preparátu sme použili súbor vybraných izolátov *L. monocytogenes* z oboch prevádzok na základe ich zaradenia ako perzistentný alebo sporadický klon (Véghová et al., 2016; Minarovičová et al., 2023) a miery tvorby biofilmov ako vlastnosti, ktorá prispieva k zvýšenej schopnosti adaptácie na stresové faktory výrobného prostredia. Zistili sme, rôznu mieru inhibície rastu použitých izolátov pôsobením bakteriofága v planktonickej kultúre, ale vysokú mieru schopnosti degradovať vytvorený biofilm u všetkých izolátov bez ohľadu na jeho kvantitu.



**Obrázok 1** Fylogenetický strom izolátov *L. monocytogenes* vytvorený na základe cgMLST (1748 lokusov). Izoláty sú farebne odlišené podľa MLST-ST (7 lokusov), čísla na spojnicích vyjadrujú počty rozdielnych aliel

## Záver

Uvedené výsledky zdôrazňujú dôležitosť používania vhodných analytických nástrojov, ako sú metódy molekulárnej typizácie, na sledovanie zdrojov, ciest prenosu a perzistencie *L. monocytogenes* v produkčnom reťazci. Alternatívne metódy cielenej eliminácie perzistentných patogénnych baktérií aplikáciou špecifických bakteriofágov, namiesto tradičných sanitačných a dezinfekčných preparátov, ktoré môžu podporovať šírenie rezistencií, môžu prispieť aj k zníženiu ich schopnosti prežívať v potravinárskych prevádzkach.

## (2) Produkcia a udržateľnosť výroby produktov s minimálnym obsahom chemických kontaminantov pri zachovaní ich nutričnej a senzorickej kvality

Zámerom ďalšej časti riešenia aktivity bolo identifikovanie faktorov vplyvujúcich na prítomnosť chemických kontaminantov v potravinách, najmä akrylamidu v trvanlivých cereálnych produktoch a návrh intervencií technologického postupu výroby trvanlivých cereálnych produktov z hľadiska jeho minimalizácie.

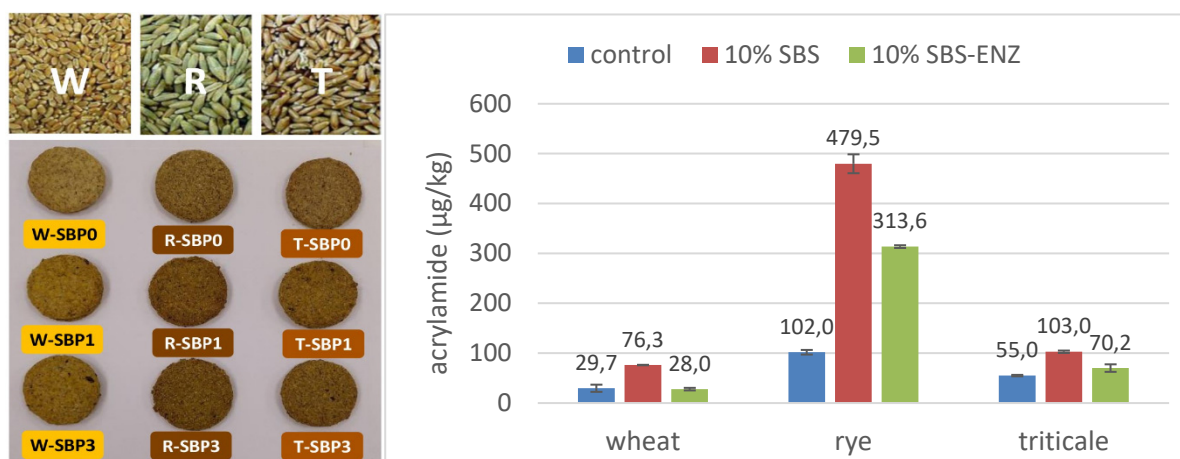
## Materiál a metódy

Rastlinné suroviny (obilniny a suché výlisky z rakytníka) určené na spracovanie a výrobu trvanlivých cereálnych produktov – sušienok, boli charakterizované z hľadiska obsahu voľných aminokyselín so zameraním na kvantifikáciu asparagínu ako hlavného prekurzora tvorby akrylamidu. V hotových produktoch bol stanovený obsah akrylamidu pomocou LC-MS/MS (Ciesarová et al., 2009). Na elimináciu tvorby akrylamidu bol použitý enzým asparagináza, ktorý hydrolyzuje asparagín na kyselinu asparágovú čím sa predchádza vzniku akrylamidu. Asparagináza bola použitá v kvapalnej forme a aplikovaná separátne na ražnú múku a na výlisky z rakytníka. Účinnosť enzýmu bola overená stanovením asparagínu a kyseliny asparágovej a obsahu akrylamidu a spotrebiteľskej akceptovateľnosti výrobkov.

## Výsledky a diskusia

Aplikáciou enzýmu asparagináza na ražnú múku v koncentrácii 700 enzýmových jednotiek na 100 g múky a dobe pôsobenia (24 h) v prevádzkových podmienkach pri teplote 20 °C a vlhkosti diela s obsahom vody 25 % hmotn. bolo dosiahnuté 90 %-né zníženie obsahu asparagínu z hodnoty 800 mg/kg na 96 mg/kg. V laboratórnych podmienkach bol pokles o 90 % dosiahnutý už pri koncentrácii enzýmu 200 enzýmových jednotiek na 100 g. Postup

aplikácie enzýmu bol zapísaný ako úžitkový vzor č. 9269 na Úrade priemyselného vlastníctva SR. V prípade aplikácie asparaginázy na výlisky rakytníka rešetliakového bol dosiahnutý pokles asparagínu o 93 % s koncentráciou enzýmu 1700 enzýmových jednotiek na 100 g výliskov s dobou pôsobenia 30 min pri laboratórnej teplote. Aj tento postup aplikácie enzýmu na rakytníkovú hmotu bol zaregistrovaný ako úžitkový vzor č. 9572. Suché výlisky rakytníka pred úpravou, ako aj enzymaticky ošetrované výlisky rakytníka boli zakomponované do upravenej receptúry výroby sušienok z rôznych druhov múk a bol pozorovaný vplyv na tvorbu akrylamidu (Obrázok 2). Hodnota akrylamidu v cereálnych sušienkach obohatených o neupravené výlisky rakytníka vzrástla dvoj- až štvornásobne a výrazne prekročila referenčnú hodnotu 350 µg/kg. V prípade aplikácie enzymaticky ošetrovaných výliskov rakytníka boli hodnoty akrylamidu v pšeničných a tritikale sušienkach približne na úrovni sušienok bez prídavku výliskov rakytníka. V prípade ražných sušienok vyznačujúcich sa mimoriadne vysokým obsahom asparagínu v múke bola v prípade enzymaticky ošetrovaných výliskov rakytníka dosiahnutá redukcia akrylamidu o 35 %, čo postačovalo na zníženie hodnoty akrylamidu pod referenčnú hodnotu. Kvalitatívne znaky experimentálnych sušienok boli hodnotené testom spotrebiteľskej akceptovateľnosti. Sušienky s enzymaticky ošetrovaným rakytníkom mali vyššie skóre preferencií medzi spotrebiteľmi. Tým sa potvrdil predpoklad, že použitie enzýmu na prevenciu tvorby akrylamidu nemá negatívny vplyv na kvalitu sušienok a akceptovateľnosť hotových produktov spotrebiteľmi (Kukurová et. al, 2023).



**Obrázok 2** Sušienky z pšeničnej (W), ražnej (R) a tritikale (T) múky s prídavkom rakytníkových výliskov (SBP) bez úpravy enzýmom (W-SBP1, R-SBP1, T-SBP1) a po úprave enzýmom (W-SBP3, R-SBP3, T-SBP3). Vpravo: obsah akrylamidu (µg/kg) v týchto sušienkach

## Záver

Na základe pozorovaní je možné konštatovať, že hodnota asparagínu v surovinách menej ako 100 mg/kg je dostačujúca na dosiahnutie redukcie tvorby akrylamidu v sušienkach na hodnotu nižšiu ako je referenčná hodnota pre sušienky (350 µg/kg) podľa Nariadenia Komisie (EÚ) č. 2017/2158. Uvedeným spôsobom enzymatického ošetrovania výliskov rakytníka je možné dosiahnuť primeranú redukcii tvorby akrylamidu pri výraznom zvýšení nutričnej hodnoty sušienok a zachovaní kvalitatívnych znakov inovovaných výrobkov.

### **(3) Minimalizácia tepelnej a chemickej záťaže potravinových výrobkov aplikáciou nových a optimalizovaných technologických procesov**

Zámerom tejto časti riešenia aktivity boli inovatívne a bezpečné prístupy v oblasti úpravy tepelného opracovania mäsových výrobkov optimalizáciou doterajších termálnych technologických procesov smerom k nižšej tepelnej záťaži pri zachovaní mikrobiologickej bezpečnosti a kvality výrobkov.

## Materiál a metódy

Na hodnotenie účinnosti termálneho procesu sa použili štyri mäsové výrobky z vybraných skupín: mäkké mäsové výrobky – mäkká klobása; celosvalové mäsové výrobky – údené karé; tepelne opracované šunky – dusená šunka; varené mäsové výrobky – tlačienka. Modelová výroba mäsových výrobkov bola realizovaná vo vývojovom laboratóriu Mäspoma (Dvory nad Žitavou) v spolupráci so Slovenským zväzom spracovateľov mäsa. Charakteristika natívnej mikrobiologickej kontaminácie suroviny a hotového výrobku po štandardnom tepelnom opracovaní (70 °C, 10 min) a nižších teplotách/dlhšej výdrži sa uskutočnila na základe platných mikrobiologických noriem (STN EN ISO 6887-1, STN EN ISO 4833-1, STN ISO 21527-1, STN ISO 4832, STN EN ISO 7932, STN EN ISO 7937, STN EN ISO 6579, STN EN ISO 1129-1, STN EN ISO 6888-1). Na detekciu a kvantifikáciu koliformných baktérií a *E. coli* bolo použité chromogénne agarové médium Chromocult Coliform Agar (Merck, Darmstadt, Nemecko).

## Výsledky a diskusia

Na základe Nariadenia (ES) č. 2073/2005 sa u mäsa a mäsových výrobkov sleduje prítomnosť/neprítomnosť *L. monocytogenes* a *Salmonella* sp. V rámci sledovania celkovej

mikroflóry sa stanovil celkový počet mikroorganizmov (CPM), prítomnosť kvasiniek a vláknitých húb, koliformné baktérie vrátane *E. coli*, stafylokoky vrátane patogénneho druhu *S. aureus*, *C. perfringens*, sporujúce baktérie rodu *Bacillus*, vrátane podmienene patogénneho druhu *B. cereus*. Hodnotili sa nastavené parametre šetrného tepelného opracovania (< 70 °C) a adekvátne dlhšieho času pôsobenia a ich devitalizačný efekt na natívnu mikroflóru surového mäsového diela. Devitalizačný účinok na celkovú mikroflóru (CPM) mäsových výrobkov je v percentuálnom vyjadrení uvedený v Tabuľke 1. Nižšie hodnoty zistené aj v prípade štandardného opracovania (tlačienka) súvisia s prítomnosťou spórotvorných baktérií *B. cereus*.

**Tabuľka 1** Redukcia celkového počtu mikroorganizmov pri rôznych parametroch tepelného procesu

<b>Výrobok</b>	<b>70 °C 10 min</b>	<b>70 °C 10 min</b>	<b>70 °C 10 min</b>	<b>68 °C 16 min</b>	<b>66 °C 25 min</b>
Údené karé	99,95 %	99,91 %	99,92 %	99,38 %	99,97 %
Dusená šunka	98,82 %	95,42 %	99,90 %	91,97 %	99,54 %
Bravčová klobása	99,13 %	98,66 %	98,44 %	97,41 %	91,49 %
Tlačienka	66,23 %	96,65 %	na	na	62,40 %

## Záver

Výsledky kompletného optimalizačného a validačného procesu poskytnú odborné podklady k požadovanej úprave legislatívy z hľadiska zníženia tepelného opracovania mäkkých mäsových výrobkov zo súčasných 70 °C pri zachovaní zdravotnej bezpečnosti výrobkov. Mimoriadne významná je energetická úspora, ako aj zlepšenie organoleptických a sensorických vlastností výrobkov pri nižšej tepelnej záťaži.

## PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood, 313011V336 (313V33600008) spolufinancovaného zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 9: Procesy a technológie pre vyššie zhodnotenie biomasy a potravinových odpadov**

*Blanka Tobolková<sup>1\*</sup>, Martin Polovka<sup>1</sup>, Zuzana Ciesarová<sup>1</sup>, Stanislav Šilhár<sup>2</sup>,  
Lucia Baľák Lukáňová<sup>2</sup>, Ján Hecl<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Výskumný ústav potravinársky, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum,  
Priemyselná 4, 824 75 Bratislava*

*<sup>2</sup>Výskumný ústav agroekológie, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum,  
Špitálska 1273/12, 071 01 Michalovce*

*\*[blanka.tobolkova@nppc.sk](mailto:blanka.tobolkova@nppc.sk)*

### **Abstrakt**

Straty potravín a plytvanie nimi sú hlavnou súčasťou vplyvu poľnohospodárstva na zmenu klímy a ďalšie environmentálne problémy, ako je využívanie pôdy, vody a strata biodiverzity. Predchádzanie vzniku potravinového odpadu má preto najvyššiu prioritu. Projekt Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny ponúkol hodnotnú platformu pre podporu inovácií v poľnohospodárskej a potravinárskej výrobe prostredníctvom produkcie kvalitných a bezpečných potravín. Aktivita A9 bola venovaná aplikácii konceptu obehového hospodárstva a biohospodárstva v oblasti produkcie potravín, zužitkovania odpadov z potravín a využitia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie a cenných prírodných látok, a ich aplikácii do nových potravín s vyššou nutričnou hodnotou.

**Kľúčové slová:** rastlinná biomasa, potravinový odpad, transformácia, zužitkovanie

### **Úvod**

Príčin plytvania potravinami alebo potravinových strát je mnoho a vyskytujú sa v celom potravinovom systéme, počas výroby, spracovania, distribúcie, maloobchodného predaja a predaja v stravovacích službách a počas spotreby. Celosvetovo sa vyhodí približne jedna tretina potravín. Predchádzanie vzniku potravinového odpadu má najvyššiu prioritu (Bhatia et al., 2023; Skláršová a Polovka, 2020).

Koncept obehového hospodárstva je založený na zužitkovaní odpadov z potravín ako zdroj energie alebo druhotných surovín – vstupov – pre získanie cenných zložiek s následnou aplikáciou v priemysle. Pre účely získania týchto látok opadných produktov je potrebné vyvinúť inovatívne postupy a riešenia pre ich izoláciu a purifikáciu. Získané izoláty je možné

využiť pri príprave potravín s deklaroványm vyšším obsahom biologicky aktívnych a pozitívne pôsobiacich látok. Vývoj nových inovatívnych potravín s vysokou kvalitou a výživovou hodnotu je dôležitou súčasťou udržateľného zdravia populácie a eliminácie výskytu civilizačných ochorení.

## **1) Kvantitatívna a kvalitatívna analýza potenciálnych zdrojov rastlinnej biomasy**

**Cieľ:** Analýza produkčného potenciálu SR pre produkciu technických plodín s nadprodukciou cenných metabolitov a energeticky významnej biomasy.

### **Materiál a metódy**

Identifikácia potenciálnych zdrojov rastlinnej biomasy v SR na základe dostupných literárnych zdrojov a detekcia ich výskytu v krajine.

### **Výsledky a diskusia**

Analýza zdrojov obnoviteľných foriem energie vzhľadom na naše prírodné podmienky preukázala perspektívnosť komplexného využitia rastlinnej biomasy. Najperspektívnejším zdrojom je biomasa určená na spaľovanie, ale aj pre náročnejšiu výrobu elektrickej energie alebo biopalív. Pri použití biomasy na výrobu bioenergie je potrebné zvážiť použitie všetkých dostupných zdrojov udržateľným spôsobom bez negatívneho dopadu. Preto by sa na výrobu bioenergie mala používať len biomasa, ktorá nekonkuruje výrobe potravín, čiže využívať len prebytočnú biomasu.

Ak sa zoberú ako zdroje biomasy uvažovať slamu z ornej pôdy vybraných plodín, kôrovie z kukurice a slnečnice a seno z trvalých trávnych porastov, teoretický potenciál biomasy vhodnej na energetické využitie sa pohybuje od 36-96 PJ (z vybraných druhov poľnohospodárskej biomasy). Ak by sa započítal aj drevný odpad teoretický potenciál môže dosiahnuť až cca 120-130 PJ. Ak bola hrubá domáca spotreba energie SR v roku 2021 749 PJ, potom by bolo teoreticky možné z biomasy zabezpečiť cca 17 % energie.

## **2) Kvantitatívna a kvalitatívna analýza potenciálnych zdrojov potravinových odpadov a vedľajších produktov**

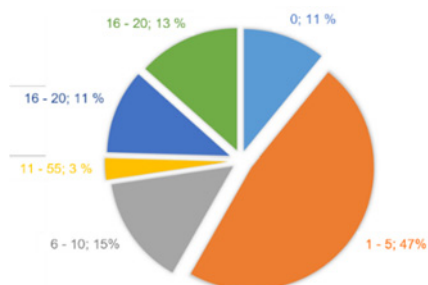
**Cieľ:** Analýza a zhodnotenie materiálových tokov v potravinárskom reťazci od primárnej produkcie a manipulácie na farmách cez samotnú výrobu potravín až po ich spotrebu

## Materiál a metódy

Informácie o skladbe potravinových odpadov v rámci jednotlivých segmentov potravinárskeho priemyslu SR boli spracované na základe dotazníkového prieskumu.

## Výsledky a diskusia

V rámci 3 ročného monitoringu skladby odpadov z jednotlivých odvetví potravinárskeho priemyslu boli zisťované informácie o percentuálnom podiele odpadu na celkovej produkcii, klasifikácii najviac zastúpených kategórií, nákladoch na odvoz a likvidáciu odpadu a spôsob likvidácie z výroby potravín. Výsledky ukázali, že u väčšiny respondentov odpad predstavuje 1-5 % z celkovej produkcie (v tonách) a to nezávisle od výrobného odvetvia, pričom podiel týchto výrobcov dosahuje kumulatívne cca 47 % (Obrázok 1). Najväčšími producentmi odpadov sú mäsový a hydínarský priemysel, nasledovaný priemyslom cukrovarníckym, konzervárenským a vinárskym, pričom najzastúpenejším druhom odpadov sú kaly z prania a čistenia, látky nevhodné na spotrebu alebo spracovanie a odpady inak nešpecifikované. Z toho je zrejmé, že najväčší podiel odpadov tvoria podporné a pridružené činnosti, pričom tento odpad nemá priamo charakter odpadu z potravín v klasickej definícii produktu určeného na ľudskú spotrebu.



**Obrázok 1** Priemerný percentuálny podiel odpadu na celkovej produkcii (v tonách)

### 3) Identifikácia cenných metabolitov, štúdium ich vlastností, vývoj a optimalizácia získavania prírodných a čistých látok a ich využitie pre prípravu modelových vzoriek potravín s cielene zvýšeným obsahom protektívnych a biologicky cenných zložiek

**Cieľ:** Identifikácia potenciálne cenných látok, vývoj metód na sledovanie ich obsahu a zmien a optimalizácia procesov predúpravy, extrakcie, purifikácie, koncentrácie a finálnej úpravy koncentrátov s využitím moderných procesov.



## Materiál a metódy

Pre účely charakterizácie biomasy a odpadných produktov z výroby potravín boli použité viaceré analytické metódy, od základných analýz ako je obsah sušiny, popola, aktivita vody, obsah bielkovín, tukov a redukujúcich sacharidov alebo škrobu, ako aj niektoré špecifické metódy pre hodnotenie kvality tukových matríc ako je číslo kyslosti alebo peroxidové číslo. Pre účely identifikácie konkrétnych bioaktívnych látok (flavonoidy, anthokyaníny, aminokyseliny, prchavé zlúčeniny, vitamíny) boli použité sofistikovanejšie metódy HPLC, GC-MS, LC-MS/MS.

## Výsledky a diskusia

Z dôvodu veľkého množstva analyzovaných odpadných produktov uvádzame výsledky dosiahnuté pre reprezentatívne z nich.

Výlisky olejnatých semien sú pomerne širokou skupinou odpadných produktov vznikajúcich po lisovaní oleja. V súčasnosti sa najčastejšie používajú ako krmivo. Tieto výlisky sú však vhodnou surovinou pro získavanie bielkovín. V závislosti na kombinácii vhodných postupov (hydrolyza, dekantácia, premývanie) je možné získať bielkovinové preparáty s obsahom bielkovín v rozsahu 21-67 % (Blažková a Turisová, 2022).

Hroznové výlisky obsahujú zvyškové množstvá sacharidov, ktoré bežne ostávajú nevyužitú. Na ich extrakciu bola použitá protiprúdová extrakcia, pričom vodný výluh mal sušinu 13-16 % Brix a obsahoval aj ďalšie bioaktívne látky, najmä polyfenoly. Takto získaný extrakt je možné priamo použiť na prípravu základu pre získanie hroznového octu alebo stabilizovať ho zahustením pri zníženej teplote na koncentráciu 65-70 % Brix a následne využiť ako polotovar pre široké spektrum aplikácií. V rámci komplexného spracovania hrozna je možné odseparovať z výliskov hroznové semeno a použiť ho ako surovinu na získanie cenného oleja; vyčistené šupky je možné zhodnotiť ako zdroj vlákniny (Kunštek a Skláršová, 2022).

Výlisky z ovocia a zeleniny po lisovaní štiav sú ďalšou skupinou perspektívnych odpadných produktov. Napríklad výlisky po lisovaní šľavy z čučoriedky lesnej (*Vaccinium myrtillus*) alebo bazy čiernej (*Sambucus nigra*) môžu byť efektívne využité pri príprave koncentrátov antokyánov, vo vode rozpustných farbív zo skupiny flavonoidov. Samotné výlisky obsahujú približne 35 g/kg antokyánov, po extrakcii, vylisovaní a zahutnení je možné získať koncentrát s obsahom antokyánov až 76 g/kg, ktorý môže byť ďalej využitý ako farbivo v potravinárskych výrobkoch. Antokyánový koncentrát z bazy bol použitý ako farbivo a zároveň ovocná zložka v ovseno-ovocnom nápoji (Úžitkový vzor č. 9714). Výtťažnosť antokyánov a ich stabilita v čučoriedkových výliskoch bola zvýšená vyvinutým procesom pozostávajúci z čiastočného odšťavovania záparu z čučoriedok s následnou enzymatickou

maceráciou, čím sa získali extrakty s 1,2-4,7 krát vyššími koncentraciami jednotlivých antokyánov, pričom tento postup zvýšil mikrobiologickú stabilitu produktu (Kunštek 2022).

Niektoré druhy ovocia a zeleniny, resp. výlisky z nich (rakytník rešetliakový, slivka domáca, ostružina černica, ostružina malinová, arónia čiernoplodá, mrkva obyčajná, cvikla, petržlen záhradný) obsahujú zložky (sacharidy, L-asparagín), ktoré je možné považovať za biologicky aktívne, ale ktoré sú aj prekursorami pre tvorbu procesných kontaminantov (napr. akrylamidu) pri tepelnom spracovaní surovín pri teplotách vyšších ako 120 °C. Ak sa pekárske výrobky obohacujú o zložky z ovocia a zeleniny, resp. výliskov, môže dochádzať ku kumulácii tohto kontaminantu vo výslednom produkte. S cieľom predísť/eliminovať tvorbu akrylamidu bol navrhnutý špecifický postup aplikácie enzýmu asparaginázy na ovocné a zeleninové zložky (Úžitkový vzor č. 9572), ktorým je možné redukovať príspevok aditívnej ovocnej alebo zeleninovej zložky k obsahu akrylamidu vo výslednom produkte, a to o 30-80 % v závislosti na zvolenom spôsobe ošetrovania (Ciesarová et al., 2022).

Ďalším perspektívne využiteľným produktom je okara – hlavný vedľajší produkt zo spracovania sóje na tofu. Využitie čerstvej okary je limitované vysokým obsahom vody (80-85 %) a náchylnosťou na kontamináciu. Sušená okara je naopak bohatá na vlákninu (43-58 %), bielkoviny (15-33 %) a tuky (8-11%) s vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín. Vločkovitá štruktúra okary a neutrálna chuť predisponovala jej uplatnenie v cukrárskom výrobku – kokoskách. Kokos v receptúre bol nahradený mokrou okarou v rôznych pomeroch (Obrázok 2). Najlepšie hodnotenou vzorkou bola kokoska s obsahom 50 % okary, ktorá obsahovala približne 12 g celkovej potravinovej vlákniny na 100 g výrobku (Ciesarová et al. 2020).



**Obrázok 2** Kokosky s prídavkom okary – a) bez okary, b) s 50% okary, c) 75 % okary, d) 100 % okary

#### **4) Výskum a optimalizácia procesov manipulácie s potravinovými odpadmi a biomasou, ich transformácia na efektívnejšie využiteľné formy**

**Cieľ:** Optimalizácia procesov mechanickej, tepelnej, chemickej úpravy potravinových odpadov a biomasy s cieľom ich využitia ako zdrojov energie, pre plynové stanice alebo zlepšenie kvality pôdy.

## Materiál a metódy

V rámci manipulácie s rastlinnou biomasou boli realizované a optimalizované postupy odberu a analýzy rastlinného materiálu, vrátane stanovenia obsahu živín, celulózy, lignínu, minerálnych prvkov, ako aj energetickej účinnosti (spalné teplo, výhrevnosť), ale tiež poloprevádzkové pokusy s pestovaním energetických plodín. V rámci poloprevádzkového postupu sa testovali aj možnosti zvýšenia produkčného potenciálu pôdy aplikáciou rôznych foriem a koncentrácií kompostu. V rámci experimentu sa porovnávali pôdne charakteristiky, pôdny mikrobióm a obsah účinných látok (celkové polyfenoly a flavonoidy, chlorofyly, fenolické kyseliny a flavonoidy) v modelových vypestovaných rastlinách.

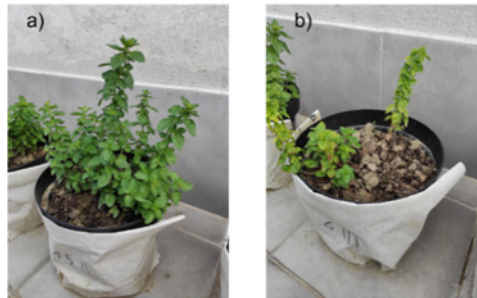
## Výsledky a diskusia

Na základe realizovaných experimentov je možné ako perspektívne plodiny pre energetické účely ako aj zdroj bioaktívnych látok považovať konopu siatu (*Cannabis sativa* L.), topinambur (*Helianthus tuberosus*), krídlatku japonskú (*Reynoutria japonica*), ozdobnicu čínsku (*Miscanthus x giganteus*), pýr predĺžený (*Elymus elongatus*), sidu obojpohlavnú (*Sida hermafrodita*) alebo trsteník obyčajný (*Arundo donax* L). Jedná sa o lignocelulóзовé rastliny, ktoré môžu byť využité aj v stavebníctve (ako izolácia), papiernictve alebo aj farmaceutickom priemysle. Výsledky ukázali, že tieto rastliny spĺňajú parametre výhrevnosti a môžu tak byť využité ako palivo do tepelných zariadení. Tieto rastliny je možné efektívne využívať aj na výrobu bioetanolu (anaeróbny rozklad organických látok) alebo biometánu. Keďže sa úrodotvorné parametre nadzemnej biomasy, štruktúrne vlastnosti celulózy, hemicelulózy a lignínu ako aj energetická účinnosť líši v závislosti od lokality, je nevyhnutné determinovať agrotechnické prvky pestovateľského procesu, určiť optimálnu úroveň výživy a ochrany proti burinám.

Okrem využitia rastlinnej biomasy pre energetické účely je možné ich využitie aj v kompostárňach, v ktorých sa spracováva aj biologicky rozložiteľný kuchynský odpad. Z tohto materiálu sa stane kompost, ktorý môže zvýšiť kvalitu poľnohospodárskej pôdy. V rámci pestovateľského pokusu sa sledoval vplyv typu pôdy a typu a koncentrácie kompostu na pôdne charakteristiky a obsah účinných látok v pamajoráne obyčajnom (*Origanum vulgare* L.) a pamajoráne gréckom (*Origanum vulgare* spp. *hirtum*).

Prvotné výsledky naznačujú, že efektívnejšie je pestovať pamajorán na alkalických pôdach (fluvizem), keďže v týchto vzorkách boli stanovené vyššie koncentrácie biologicky aktívnych látok. Výsledky ďalej ukázali, že v komposte z elektrického kompostéra (z kuchynského odpadu) stále prebiehajú premeny foriem dusíka, keďže v porovnaní s vyzretým kompostom, v ktorom je už väčšina dusíka viazaná do organických foriem (napr.

humusových látok), je v tomto komposte viac anorganických foriem dusíka. Toto sa prejavilo negatívne aj na celkovej kondícii pokusných rastlín, v ktorých boli stanovené nižšie koncentrácie bioaktívnych látok (Obrázok 3).



**Obrázok 3** Stav pamajoránu obyčajného (*Origanum vulgare* L.) a pamajoránu gréckeho (*Origanum vulgare* spp. *hirtum*) vypestovaného na fluvizemi s **a)** 15% prídavkom biologicky kompletného kompostu a **b)** 6% prídavkom kompostu z elektrického kompostéra

## Záver

Správne nakladanie s potravinovým odpadom môže účinne obmedziť emisie skleníkových plynov a závislosť od fosílnych palív spolu s využívaním nepotravinových plodín. Namiesto skládkovania možno potravinový odpad smerovať do rôznych zariadení na spracovanie potravinového odpadu, kde sa premieňa na hodnotné výrobky, ktoré sú nielen ekologické, ale v mnohých ohľadoch aj zmysluplné z obchodného hľadiska. Rovnako aj rastlinná biomasa predstavuje perspektívny zdroj pre energetické účely, výrobu biopalív ako aj pre zvýšenie kvality poľnohospodárskej pôdy, musí sa však zvoliť vhodný spôsob jej pestovania a následného spracovania.

## PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood, 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 10: Nové prístupy k znižovaniu spotreby antibiotík vo výžive zvierat v kontexte posilnenia potravinovej bezpečnosti a kvality potravín**

*Anna Reitznerová<sup>1</sup>, Andrej Makiš<sup>1</sup>, Viera Karaffová<sup>2</sup>, Pavel Nad<sup>3</sup>, Gabriela Gregová<sup>4</sup>, Dagmar Mudroňová<sup>5</sup>, Jozef Nagy<sup>1</sup>, Slavomír Marcinčák<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Katedra hygieny, technológie a zdravotnej bezpečnosti potravín, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice*

*<sup>2</sup>Katedra morfológických disciplín, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice*

*<sup>3</sup>Katedra výživy a chovu zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice*

*<sup>4</sup>Katedra verejného veterinárskeho lekárstva a welfare zvierat, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice*

*<sup>5</sup>Katedra mikrobiológie a imunológie, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice*

*\*[anna.reitznerova@uvlf.sk](mailto:anna.reitznerova@uvlf.sk)*

### **Abstrakt**

Za cieľom znižovania spotreby antibiotík vo výžive zvierat v kontexte posilnenia potravinovej bezpečnosti a kvality potravín boli testované krmné zmesi s prídavkom humínových látok a probiotík vo výžive zvierat s cieľom vylúčenia antikokcidík z výživy a zníženia podávania antibiotík v terapiách hospodárskych zvierat a produkcii zdravých a bezpečných potravín bez prítomnosti škodlivých látok (antibiotík, mykotoxínov, ťažkých kovov, pesticídov) a ich reziduí. Z dosiahnutých výsledkov experimentu možno konštatovať, že profylaktické podávanie probiotík (*Lactobacillus fermentum* 2I3) do vody a humínových látok (Humac natur AFM Mycotoxysorb) v krmive brojlerových kurčiat má svoje opodstatnenie pre zvýšenie hmotnostných prírastkov a jatočnej výťažnosti. Z kolorimetrického merania vyplýva, že probiotiká a humínové látky ovplyvnili farbu mäsa prsnej svaloviny brojlerových kurčiat počas skladovania. Rozbor chemického zloženia preukázal vplyv na obsah tuku a celkových bielkovín v prsnej svalovine experimentálnych vzoriek brojlerových kurčiat.

**Kľúčové slová:** potraviny, humínové látky, probiotiká, prsná svalovina, antibiotiká

## Úvod

Antibiotiká sa používajú ako terapeutiká na liečbu chorôb zvierat a ľudí, ako profylaktiká na prevenciu infekcii a ako stimulatory rastu v živočíšnej výrobe (Casewell et al., 2003). Subterapeutické hladiny antibiotík (t.j. < 200 g/tona krmiva) boli podávané v strave zvierat, aby sa dosiahli účinky podporujúce rast (US Food and Drug Administration, 2000). Selektívny tlak na črevné mikróby spôsobený rutinným používaním antibiotík podporil vývoj génov rezistencie, ktoré sú schopné horizontálneho prenosu génov medzi rôznymi druhmi patogénnych baktérií. To viedlo k nekontrolovanému množeniu rezistentných bakteriálnych patogénov vrátane *Clostridium*, *Salmonella* a *Campylobacter*, ktoré môžu v hostiteľovi spôsobiť vážne ochorenia. Okrem toho zmeny v mikrobióme čreva hostiteľa môžu viesť k predispozícii infekcii inými environmentálnymi patogénmi (Pickard et al., 2017). Za účelom celosvetovej eliminácie spotreby a používania antibiotík Európska únia rozhodla od roku 2006 zakázať antibiotiká, ako rastových stimulantov (Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady 1831/2003). To prispelo k hľadaniu alternatívneho prístupu vo výžive zvierat za účelom zlepšovania zdravia a produktivity zvierat, avšak s prvoradým cieľom produkovať zdravé a bezpečné potraviny. Preto sa hlavnými mŕľníkmi našej aktivity boli: výber vhodných koncentrácií humínových látok; výber a testovanie zvolených probiotických kmeňov; identifikácia vplyvu jednotlivých zložiek na zdravie zvierat; účinok pridávaných zložiek na imunologické a mikrobiologické zmeny zvierat; vplyv pridaných zložiek na zníženie emisných plynov v prostredí.

Humínové látky (HL) sú od roku 2015 povolené Európskou komisiou na používanie vo výžive všetkých druhov zvierat ako produkt, ktorý vznikol prírodnou humifikáciou rastlinných zložiek (Humac Portal, 2017). Pridávanie HL do krmiva prispieva k dobrému zdravotnému stavu zvierat, má pozitívny vplyv na produkčné parametre a pri ich podávaní nie je potrebné dodržiavanie ochranných lehôt (Skalická et al., 2021). Probiotiká sú živé mikroorganizmy, ktoré pri správnom dávkovaní do vody alebo krmiva, vhodne ovplyvňujú mikrobiálny ekosystém čreva hostiteľa tým, že zabezpečujú priaznivú rovnováhu medzi komenzálnou a patogénnou mikroflórou (Šmíalek et al., 2021). Používaním probiotických kmeňov sa dosahuje úprava črevnej mikrobiálnej flóry, stimulácia imunitného systému, zníženie zápalových reakcií, prevencia kolonizácie patogénov, zvýšenie rastu, zvýšená konverzia krmiva a zníženie vylučovania amoniaku a močoviny (Jha et al., 2020).

Pre dôležitý vplyv probiotík a humínových látok ako novej alternatívy antibiotík bolo uskutočnených niekoľko pokusov na brojlerových kurčatách, morkách a ošípaných, kedy bola

uskutočnená suplementácia kŕmnej zmesi humínovými látkami a probiotickými kmeňmi vo vode. V danom príspevku uvádzame čiastkové výsledky vplyvu podávania probiotík vo vode a humínových látok v krmive brojlerových kurčiat na ich finálnu hmotnosť, jatočnú výťažnosť, chemické zloženie a farebnú stabilitu prsnej svaloviny získanej z experimentálnych brojlerových kurčiat.

## **Materiál a metódy**

V experimente bolo chovaných 160 kusov brojlerových kurčiat (mäsový hybrid, COBB 500). Jednodňové kurčatá boli privezené priamo od dodávateľa (Hydina Slovensko s.r.o.) a rovnomerne rozdelené do štyroch skupín po 40 kurčiat. Kurčatá boli chované na hlbokej podstielke za dodržiavania odporúčaných požiadaviek pre výživu, kŕmenie a welfare hybridu COBB 500. Všetky skupiny kurčiat boli kŕmené dvakrát denne rovnakými priemyselne vyrábanými kŕmnymi zmesami BR1 (1. – 10. deň), BR2 (11. – 30. deň) a BR3 (31. – 37. deň). Počas celej doby experimentu mali kurčatá prístup k vode a krmivu *ad libitum*. Kontrole (K) boli podávané len základné kŕmne zmesi. V prvej pokusnej skupine (P) boli od 1. dňa výkrmu do vody podávaný probiotický kmeň *Lactobacillus fermentum* 2I3 v dávke 1ml/kura/deň. Druhej pokusnej skupine (HL) boli v KZ podávané humínové látky v dávke 0,6 % vo forme prípravku Humac Natur AFM Mycotoxorb (Humac s.r.o., Košice), pričom o dané množstvo bolo znížené množstvo KZ. V tretej pokusnej skupine (HLP) boli kurčatám podávané vo vode probiotický kmeň (*Lactobacillus fermentum*; 1 ml/kurča/deň) a podávané humínové látky (Humac Natur AFM Mycotoxorb; 0,6 %) spolu s krmivom, pričom o uvedené množstvo bolo znížené množstvo KZ. Na 38. deň výkrmu boli kurčatá omráčené, usmrtené a vypitvané. Jednotlivé vzorky prsnej svaloviny boli analyzované 24 hodín po zabití a po siedmych dňoch skladovania v chladiacej komore pri teplote do 4 °C. Fyzikálno-chemická analýza experimentálnych vzoriek prsnej svaloviny bola vykonaná podľa metód AOAC (1990). Vo vzorkách bol stanovený obsah tuku, vody a obsah bielkovín.

Meranie kolorimetrických parametrov pokusných vzoriek prsnej svaloviny boli vykonané prístrojom Chroma meter CR-410 (meracia plocha Ø 50 mm, osvetlenie D65, štandardný pozorovací uhol 2°, Konica Minolta, Sensing, Inc., Japonsko). Výsledky kolorimetrických parametrov boli spracované v programe Color Data Software CM-S100w SpectraMagic™ NX (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japonsko). Kolorimetrické parametre analyzovaných vzoriek boli vyjadrené vo farebnom priestore CIE L\*a\*b\*. Hodnota

L\* predstavuje jas (v rozsahu od 0 – čierna po 100 – biela), a\* červenosť (farbu medzi červenou a zelenou) a b\* žltosť (farbu medzi modrou a žltou).

## Výsledky a diskusia

V tabuľke 1 sú uvedené hodnoty finálnej hmotnosti a výťažnosti jednotlivých jatočných častí experimentálnych skupín brojlerových kurčiat. Vyššie hodnoty finálnej hmotnosti kurčiat a jatočnej výťažnosti tiel boli zaznamenané v pokusných skupinách P a HL oproti kontrolnej skupine, pričom najvyššia výťažnosť bola zistená v pokusnej skupine HLP ( $75,3 \pm 1,6$  %). Jadhav et al. (2015) uvádza, že probiotiká pomáhajú pri zvyšovaní absorpcie živín a zlepšujú rastovú výkonnosť zvierat. Awad et al. (2010) a Timmerman et al. (2006) uvádzajú, že v pokusoch, v ktorých boli použité probiotiká kmeňa *Lactobacillus* sa zistili vyššie hmotnostné prírastky a zlepšila sa miera produktivity brojlerových kurčiat. Prídavok probiotík *Lactobacillus fermentum* do vody a humínových látok Humac Natur AFM Mycotoxsorb v krmive nepreukázali vplyv na percentuálny podiel prsnej svaloviny experimentálnych skupín a bol porovnateľný s K skupinou, pričom výťažnosť prs a stehien sa pohybovala na úrovni 27,7; resp. 25,2 %. Viacero autorov (Kocabagli, 2002; Karaoglu, 2004) uvádza zvýšenie intenzity rastu a jatočnej výťažnosti v dôsledku skrmovania humínových látok.

**Tabuľka 1** Hodnoty finálnej hmotnosti a výťažnosti jednotlivých jatočných častí experimentálnych skupín brojlerových kurčiat

	<b>Finálna hmotnosť kurčiat (g)</b>	<b>Jatočná výťažnosť tela (%)</b>	<b>Prsia (%)</b>	<b>Stehná (%)</b>	<b>Kridla (%)</b>	<b>Trup (%)</b>	<b>Tuk (%)</b>
<b>K</b>	2335,0 ± 231,8	73,9 ± 1,7	27,9 ± 2,4	25,0 ± 1,6	9,1 ± 2,1	36,2 ± 1,7	1,0 ± 0,5
<b>HL</b>	2254,1 ± 268,1	74,5 ± 1,7	28,0 ± 1,8	25,4 ± 1,2	10,2 ± 0,7	35,3 ± 1,6	1,2 ± 0,4
<b>P</b>	2352,5 ± 283,4	74,4 ± 1,0	27,7 ± 1,7	25,2 ± 1,2	10,6 ± 1,8	35,9 ± 1,9	1,1 ± 0,4
<b>HLP</b>	2183,7 ± 211,8	75,3 ± 1,6	27,3 ± 2,4	25,4 ± 1,2	10,5 ± 0,8	34,3 ± 1,7	1,0 ± 0,4
<b>P - hodnota</b>	0,2861	0,1226	0,8026	0,6662	0,0587	0,0294	0,4761

K – kontrolná skupina; HL – pokusná skupina s prídavkom 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb; P – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3; HLP – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3 a humínových látok 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb



Tabuľka 2 uvádza priemerné hodnoty chemického zloženia prsnej svaloviny experimentálnych skupín brojlerových kurčiat. Po suplementácii krmiva humínovými látkami (Humac Natur AFM Mycotoxisorb) bol zaznamenaný vyšší obsah tuku a nižší obsah bielkovín v porovnaní s kontrolnou skupinou ( $p > 0,05$ ), avšak Semjon et al. (2020) uvádzajú, že po skrmovaní humínových látok dochádza k zníženiu obsahu tuku a zvýšeniu obsahu bielkovín. Nami získané hodnoty tuku v prsnej svalovine (0,8 – 1,6 %) sú výrazne nižšie, ako hodnoty uvádzané Semjonom et al. (2020) v prsnej svalovine 2,76 %, resp. 2,69 % pri skrmovaní 0,8 % a 1,0 % humínových látok v krmive a tiež Hudákom et al. (2021) obsah tuku 2,28 % pri 0,7 % zastúpení humínových látok v krmive. Po aplikácii probiotík *Lactobacillus fermentum* 2I3 vo vode bol stanovený vyšší obsah tuku a porovnateľný obsah celkových bielkovín v porovnaní s kontrolnou skupinou ( $p > 0,05$ ). Kombinácia probiotík a humínových látok v strave brojlerových kurčiat spôsobila zníženie obsahu tuku oproti kontrolnej skupine ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 2** Priemerné hodnoty prsnej svaloviny (%) experimentálnych skupín brojlerových kurčiat

	<i>K</i>	<i>HL</i>	<i>P</i>	<i>HLP</i>	<i>p – hodnota</i>
<i>Voda</i>	74,3 ± 0,8	74,9 ± 0,4	74,6 ± 0,1	74,8 ± 1,1	0,5864
<i>Sušina</i>	25,7 ± 0,8	25,0 ± 0,5	25,4 ± 0,1	25,2 ± 1,1	0,5864
<i>Tuk</i>	0,9 ± 0,4	1,5 ± 0,7	1,6 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,1316
<i>Bielkoviny</i>	22,6 ± 0,7	21,7 ± 0,8	22,0 ± 0,4	22,5 ± 0,8	0,3183

K – kontrolná skupina; HL – pokusná skupina s prídavkom 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb; P – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3; HLP – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3 a humínových látok 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb

Hodnoty kolorimetrického merania experimentálnych vzoriek prsnej svaloviny brojlerových kurčiat pred a po skladovaní pri teplote  $4 \pm 2$  °C zobrazuje tabuľka 3. Kolorimetrické meranie preukázalo štatistickú významnosť medzi jednotlivými experimentálnymi skupinami prsnej svaloviny na reze pred a po skladovaní v kolorimetrických parametroch  $L^*$  a  $a^*$ . Hodnota kolorimetrického parametra  $L^*$  bola vo všetkých pokusných skupinách nižšia v porovnaní s kontrolnou skupinou a medzi skupinami bola zistená štatisticky významná rozdielnosť v tomto analyzovanom parametre ( $p < 0,01$ ).

**Tabuľka 3** Hodnoty kolorimetrického merania vzoriek prsnej svaloviny na reze pred a po skladovaní

skladovanie	<i>L*(D65)</i>		<i>a*(D65)</i>		<i>b*(D65)</i>	
	pred	po	pred	po	pred	po
<b>K</b>	59,1 ± 2,4 <sup>a</sup>	58,9 ± 3,0 <sup>a</sup>	12,9 ± 0,7 <sup>2</sup>	13,7 ± 0,6 <sup>1</sup>	12,4 ± 1,1 <sup>a</sup>	12,8 ± 1,7 <sup>a</sup>
<b>HL</b>	58,8 ± 1,2 <sup>a</sup>	59,4 ± 2,0 <sup>a</sup>	12,7 ± 1,3	12,1 ± 1,5	10,9 ± 0,9 <sup>b2</sup>	11,4 ± 0,7 <sup>ab1</sup>
<b>P</b>	58,6 ± 1,1 <sup>a2</sup>	59,0 ± 1,7 <sup>a1</sup>	13,0 ± 0,8	12,6 ± 1,4	11,0 ± 0,6 <sup>b</sup>	11,2 ± 0,8 <sup>ab</sup>
<b>HLP</b>	56,2 ± 1,7 <sup>b</sup>	55,7 ± 1,1 <sup>b</sup>	13,5 ± 1,2	13,4 ± 1,3	10,9 ± 1,2 <sup>ab</sup>	10,6 ± 1,3 <sup>b</sup>
<b>p - hodnota</b>	0,0042	0,0078	0,286	0,0505	0,0047	0,0101

K – kontrolná skupina; HL – pokusná skupina s prídavkom 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb; P – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3; HLP – experimentálna skupina s prídavkom probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3 a humínových látok 0,6 % Humac Natur AFM Mycotoxisorb. Priemery zdieľajúce zhodný horný index (a-b) v stĺpci (faktor: pokusná skupina) nie sú vzájomne štatisticky významne rozdielne (Tukeyho test,  $p < 0,05$ ). Priemery zdieľajúce zhodný horný index (1,2) v stĺpci (faktor: doba skladovania) nie sú vzájomne štatisticky významne rozdielne v danom čase skladovania.

Počas skladovania došlo k zmene hodnoty  $L^*$  kolorimetrického parametra v pokusnej skupine P s prídavkom probiotík *Lactobacillus fermentum* ( $p < 0,05$ ). V  $a^*$  kolorimetrickom parametri došlo štatistickému nárastu hodnoty len v kontrolnej skupine pred a po skladovaní ( $p < 0,001$ ). Kolorimetrický parameter  $b^*$  bol vo všetkých pokusných skupinách nižší v porovnaní s kontrolnou skupinou a medzi skupinami bola zistená štatistická významnosť  $p < 0,01$  pred skladovaním a  $p < 0,05$  po skladovaní. Pokusná skupina HL s prídavkom Humac natur AFM Mycotoxisorb vykazovala štatistickú významnosť kolorimetrického parametra  $b^*$  pred a po skladovaní ( $p < 0,05$ ).

## Záver

Z čiastkových výsledkov možno konštatovať, že profylaktické podávanie probiotického kmeňa *Lactobacillus fermentum* 2I3 do vody a humínových látok vo forme prípravku Humac Natur AFM Mycotoxisorb v krmive brojlerových kurčiat má svoje opodstatnenie pre zlepšenie zdravotného stavu, hmotnostných prírastkov a jatočnej výťažnosti brojlerových kurčiat. Analýza chemického zloženia preukázala vplyv na obsah tuku a celkových bielkovín v jednotlivých experimentálnych skupinách. Z kolorimetrického merania vyplýva, že probiotiká a humínové látky ovplyvnili farbu mäsa prsnej svaloviny brojlerových kurčiat počas skladovania.

V rámci projektu Drive4SIFood boli naplnené všetky ciele potrebné k dosiahnutiu: zlepšenia zdravia zvierat, zlepšenia produkčných parametrov, welfare zvierat a zníženia

emisnej záťaže prostredia vďaka zaradeniu humínových látok a probiotík do výživy zvierat; produkcie bezpečných a hygienicky neškodných potravín z chovu brojlerových kurčiat, nosníc a ošípaných bez prítomnosti rezíduí antibiotík, mykotoxínov a ťažkých kovov.

Počas trvania projektu sa podarilo splniť publikačné výstupy 18,2/16 (skutočný stav/plánovaný stav); počet publikácií subjektov zo SR v databázach Web of Science Core Collection a SCOPUS vytvorených v rámci projektu 5,2/4; počet publikácií subjektov zo SR v iných databázach ako Web of Science Core Collection a SCOPUS vytvorených v rámci projektu 13/12; počet prihlášok registrácie práv duševného vlastníctva 1/1.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 11: Nové funkčné potraviny založené na koncepte potencovaných probiotík na podporu ľudského zdravia**

*Anna Kamlárová<sup>1</sup>, Jana Štofilová<sup>1</sup>, Monika Kvaková<sup>1</sup>, Zuzana Guľašová<sup>1</sup>,  
Zdenka Hertelyová<sup>1</sup>, Emília Hijová<sup>1</sup>, Izabela Bertková<sup>1</sup>, Veronika Benetinová<sup>1</sup>,  
Gabriela Mojžišová<sup>1</sup>, Ladislav Strojny<sup>1</sup>\**

<sup>1</sup>*Centrum klinického a predklinického výskumu - Medipark, Ústav experimentálnej medicíny,  
Lekárska fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Trieda SNP 1, 040 11, Košice.*

\* [ladislav.strojny@upjs.sk](mailto:ladislav.strojny@upjs.sk)

### **Abstrakt**

Funkčné potraviny sú potraviny, ktoré nad rámec svojej nutričnej hodnoty podporujú optimálny zdravotný stav človeka, pomáhajú znižovať riziko vzniku ochorenia, ale taktiež sú v mnohých prípadoch odporúčané ako podporná liečba. Jednou z hlavných zložiek funkčných potravín a výživových doplnkov môžu byť probiotiká, živé nepatogénne mikroorganizmy. Suplementácia probiotikami udržiava zdravú funkciu črevnej bariéry, zabraňuje dysbióze, slúži ako prevencia voči infekciám niektorými patogénmi a voči ich adhézii na povrch sliznice čreva. V rámci aktivity projektu sme izolovali, charakterizovali a testovali nové humánne probiotické kmene laktobacilov s cieľom ich aplikácie v prevencii a podpornej terapii ochorení, v ktorých etiológii sa uplatňuje zápal a dysbióza. Ďalej sme sa zamerali na ich lyofilizáciu a imobilizáciu na naturálny nosič s prebiotickými vlastnosťami, ktorý môže potencovať ich účinok za účelom ich možnej aplikácie v praxi.

**Kľúčové slová:** laktobacily, charakterizácia, dysbióza, črevná bariéra, imobilizácia

### **Úvod**

Probiotiká sú podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) definované ako „živé, nepatogénne mikroorganizmy, ktoré, ak sa podávajú v primeraných množstvách, môžu hostiteľovi priniesť zdravotné výhody“ (FAO/WHO, 2006). Hlavnou úlohou probiotík je podpora a zlepšenie zdravia hostiteľa predovšetkým inhibíciou a ochranou pred patogénnymi mikroorganizmami, stimuláciou imunitného systému, posilňovaním a obnovením funkčnosti črevnej bariéry a úprava zloženia narušenej črevnej mikrobioty (Lebeer et al., 2018). Medzi

najbežnejšie, konvenčne využívané probiotiká patria predovšetkým k rodom *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*. a medzi ďalšie druhy baktérii produkujúcich kyselinu mliečnu, vrátane druhov patriacich k *Streptococcus*, *Enterococcus* a *Lactococcus*, doplnené o kvasinky rodu *Saccharomyces*. Laktobacily sú Gram-pozitívne, mikroaerofilné alebo aerotolerantné anaerobné baktérie, väčšinou tyčinkovitého tvaru, ktoré patria medzi takzvané baktérie mliečneho kvasenia (*lactic acid bacteria* = LAB). Ich charakteristickou vlastnosťou je produkcia kyseliny mliečnej. Práve z tohto dôvodu sa významne uplatňujú a už mnoho rokov využívajú v potravinárskom priemysle pri výrobe syrov, mliečnych a kyslomliečnych produktov, fermentovaných potravín a nápojov. Významnú úlohu zohrávajú aj v podpore a zlepšovaní zdravia, pri prevencii alebo podpornej forme terapie niektorých ochorení vo forme probiotických prípravkov. Laktobacily sú bežné, komenzálne baktérie prirodzenej mikrobioty v ústach, vagíne a gastrointestinálnom trakte (GIT) človeka a zvierat.

Je známe, že prospešné a klinický významné vlastnosti probiotických baktérií sú podmienené druhovou a/alebo kmeňovou špecificitou, ale taktiež aj ich rôznymi kombináciami. Preto je hľadanie a štúdium nových potenciálnych kandidátov s prospešnými vlastnosťami, ktoré by bolo možné využiť v medicíne, stále veľmi aktuálnou výzvou, ktorej riešeniu sa venujeme aj v našom výskume (McFarland et al., 2018).

V priebehu posledných desaťročí došlo k výraznému nárastu produkcie funkčných potravín v dôsledku zvyšujúceho sa povedomia spotrebiteľov o ich pozitívnom vplyve na zdravie človeka. Každá funkčná potravina musí obsahovať dostatočné množstvo viabilných živých mikroorganizmov, u ktorých bol deklarovaný *in vitro* a *in vivo* testami zdraviu prospešný účinok. Výhodou je taktiež prítomnosť prebiotika/prebiotík vo funkčnej potravine, ktoré majú potencujúci účinok - synergicky alebo komplementárne pôsobia na prítomné probiotiká, čím posilňujú resp. znásobujú ich pozitívne účinky na ľudské zdravie.

Vytvorenie jedného aplikačného systému, ktorý by obsahoval prebiotiká ako nosič a naň imobilizované probiotiká má pre budúcnosť ziskový potenciál zabezpečením stability a účinnosti probiotík, ako aj znížením nákladov na konečný produkt. V súčasnosti existuje intenzívny dopyt po priemyselnej výrobe prípravku, ktorý by obsahoval viacero bioaktívnych zložiek. Imobilizácia spočíva v zachytení bioaktívneho materiálu, probiotickej kultúry, v matrici a zároveň aj na povrchu nosiča. Nosič chráni probiotiká nielen pred nežiadúcim vplyvom okolitého prostredia počas prechodu gastrointestinálnym traktom, ale taktiež ich chráni počas procesu spracovania, stabilizácie a skladovania funkčných potravín, čím výrazne predlžuje ich životnosť. Nosič použitý na imobilizáciu by mal byť priepustný obojsmerne pre živiny, rastové faktory, a tak isto aj pre metabolity, aby sa zachovala životaschopnosť buniek.

Medzi známe nosiče patrí alginát, chitozán, srvátkový proteín a kazeín, rôzne typy zŕn, orechov a kúsky ovocia (Kvakova et al., 2021).

Cieľom Aktivity 11 bol výskum a vývoj nových funkčných potravín a výživových doplnkov na báze konceptu potencovaných probiotík obsahujúcich laktobacily a prírodné látky. Práca sumarizuje výskum v oblasti izolácie, charakterizácie a testovania probiotických kmeňov laktobacilov s cieleňou aplikáciou v prevencii a podpornej terapii ochorení, v ktorých etiológii sa uplatňuje akútny alebo chronický zápal rôzneho pôvodu.

## **Materiál a metódy**

### ***Izolácia a selekcia nových kmeňov laktobacilov od klinicky zdravých ľudí***

V rámci projektu sme izolovali 50 kmeňov laktobacilov zo stolice a ústnej dutiny zdravých dobrovoľníkov. Tieto kmene boli identifikované pomocou analyzátora MALDI TOF a na základe sekvenovania génu pre 16S rRNA. Následne boli testované základné probiotické vlastnosti jednotlivých izolátov, ako citlivosť na antibiotiká, schopnosť tolerovať podmienky tráviaceho traktu (nízke pH, vyšší obsah žlče v médiu) a inhibovať rast enteropatogénnej a uropatogénnej *Escherichia coli* (ETEC, UPEC). Pri vybraných izolátoch bola testovaná aj ich schopnosť adheroovať na črevný epitel a inhibovať adhérenciu ETEC *in vitro*. Za týmto účelom boli využité dva bunkové modely črevnej bariéry: 1) bez produkcie mucínu (bunková línia Caco-2) a 2) s produkciou mucínu (bunkové línie Caco-2 a HT-29 MTX v pomere 4:1).

Pri 7 izolátoch laktobacilov sme následne testovali ich účinok na intaktnú a prozápalovými cytokínmi (IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$ ) narušenú črevnú bariéru. *In vitro* model črevnej bariéry bol vytvorený ko-kultiváciou bunkových línií Caco-2 a HT-29 mtx rastúcich na semipermeabilnej membráne kultivačného inzertu počas 21 dní. Vplyv testovaných laktobacilov na funkčnosť bunkovej bariéry bol vyhodnotený meraním transepitelovej elektrickej rezistencie a permeability bunkového monolayeru.

### ***Testovanie vplyvu probiotických laktobacilov využitím in vitro Simulátora Humánneho Intestinálneho Mikrobiálneho Ekosystému.***

Konvenčný luminálny *in vitro* model SHIME® (Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem) simuluje luminálnu mikrobiotu a umožňuje sledovanie mikrobiálnych zmien vyvolaných vonkajším vplyvom. Model simuluje viaceré fyziologické a mikrobiálne parametre *in vivo*, vrátane telesnej teploty, črevných objemov, koncentrácií enzýmov, cyklov kŕmenia, pH a mikrobiálnej diverzity v jednotlivých anatomických kompartmentoch (žalúdok,

tenké črevo, colon ascendens, colon transversum a colon descendens). Využitím tohto modelu boli analyzované zmeny v črevnej mikrobiote zdravého človeka a pacienta s ťažkou formou ulceróznej kolitídy po 7 dňovej suplementácii probiotickými laktobacilmi (*Lactobacillus acidophilus*, *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*). Probiotiká boli aplikované počas troch dní v dávke  $6 \times 10^9$  CFU. Z modelu boli po siedmich dňoch odobrané vzorky z jednotlivých reaktorov hrubého čreva (ascendens (AC), transversum (TC) a descendens (DC)) za účelom molekulárnych analýz PCR-DGGE, kvantitatívnej PCR a sekvenovania bakteriálneho metagenómu 16S rRNA (NGS). Metabolické zmeny mikrobiómu (koncentrácia mastných kyselín s krátkym reťazcom) boli analyzované plynovou chromatografiou.

### ***Imobilizácia vyselektovaných kmeňov laktobacilov na naturálny nosič, vhodný ako súčasť receptúry funkčnej potraviny a výživového doplnku.***

V rámci projektu sme testovali interakciu rôznych naturálnych nosičov s prebiotickými vlastnosťami ako ľan a včelí peľ (BP) a s nimi spojenými bioaktívnymi látkami s vybranými kmeňmi LAB. Postupne sme analyzovali priamou kultiváciou a pomocou prístroja SynergyH4 zmenu početnosti vybraných LAB ko-kultivovaných s naturálnym nosičom v rôznych koncentráciách. Vplyv bioaktívnych látok z naturálnych nosičov na vybrané LAB sme analyzovali pomocou prístroja xCELLigence SP RTCA. Taktiež sme testovali vplyv procesu lyofilizácie a imobilizácie na viabilitu vybraných kmeňov LAB. Pri lyofilizácii sme použili 10% trehalózu ako lyoprotektant. Schopnosť samotných kmeňov a imobilizovaných LAB prežiť proces lyofilizácie bola evaluovaná ako zmena počtu buniek po lyofilizácii v porovnaní s počtom buniek v kontrole na začiatku experimentu.

## **Výsledky a diskusia**

### ***Charakterizácia a selekcia nových izolátov laktobacilov s potenciálnym biomedicínskym využitím***

Aby mohol byť bakteriálny kmeň považovaný a označovaný za probiotický, mal by spĺňať určité kritéria, ktorými sú: poskytovanie zdravotných výhod pre hostiteľa, tolerancia a schopnosť prežiť v podmienkach gastrointestinálneho prostredia, kolonizácia tráviaceho traktu a biologická bezpečnosť. Na základe týchto kritérií je možné a nevyhnutné potenciálne kmene overiť a selektovať (Hill et al, 2014). V rámci aktivity bolo izolovaných 50 kmeňov laktobacilov, ktoré boli podrobené základnému probiotickému testovaniu zahŕňajúcemu

citlivosť na antibiotiká, schopnosť tolerovať podmienky tráviaceho traktu a antibakteriálny efekt voči patogénom. Všetky testované izoláty znášali veľmi dobre samotnú prítomnosť žlče v koncentrácii 0,3% až 0,5%, viaceré kmene rástli dobre dokonca aj pri vysokej, 1% žlči. Podobne takmer všetky kmene vykazovali vysokú prežívateľnosť aj po dvoch hodinách pri pH 2 a ako najodolnejšie boli kmene druhu *L. fermentum* a *L. reuteri*. Väčšina kmeňov preukázala dostatočne dobrú prežívateľnosť počas simulovaného prechodu GIT, kedy boli kmene vystavené komplexnému vplyvu faktorom GIT prostredia (nízke pH a žlč). Ide o sľubné výsledky, pretože to znamená, že naše kmene sú dostatočne odolné nehostinnému prostrediu tráviaceho traktu a v prípade ich potenciálnej aplikácie orálnou konzumáciou, nestratia svoju životaschopnosť a budú môcť v dostatočnom množstve účinkovať, kolonizovať a pozitívne vplyvať na podporu črevnej mikrobioty a intestinálnej bariéry. Väčšina testovaných kmeňov mala aj významnú inhibičnú aktivitu proti dvom bežným ľudským patogénom ETEC a UPEC. Na základe primárneho skríningu bolo pre ďalšie metodicky náročnejšie testovanie laktobacilov vyselektovaných 7 kmeňov, ktoré sú uvedené v Tabuľke 1.

**Tabuľka 1** Novo-izolované kmene laktobacilov testované v rámci projektu

Kmeň	Identifikácia LAB pomocou 16S rRNA	Inhibičná zóna (mm)		Tolerancia žlče			Prechod GIT
		ETEC	UPEC	0,3%	0,5%	1%	
LAB1	<i>Ligilactobacillus salivarius</i>	27	24	+++	+	+	+++
LAB2	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	35	33	+++	++	+	+++
LAB3	<i>Lactacaseibacillus rhamnosus</i>	32	26	+++	++	+	+
LAB4	<i>Lactobacillus crispatus</i>	20,5	21,5	+++	+++	+	+
LAB5	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>	28	26	+++	+++	+++	+++
LAB6	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	28	18	+++	++	-	++
LAB7	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	26	25	++	+	+	+++

Vysvetlivky: ETEC - enterotoxigénna *E. coli*; UPEC - uropatogénna *E. coli*

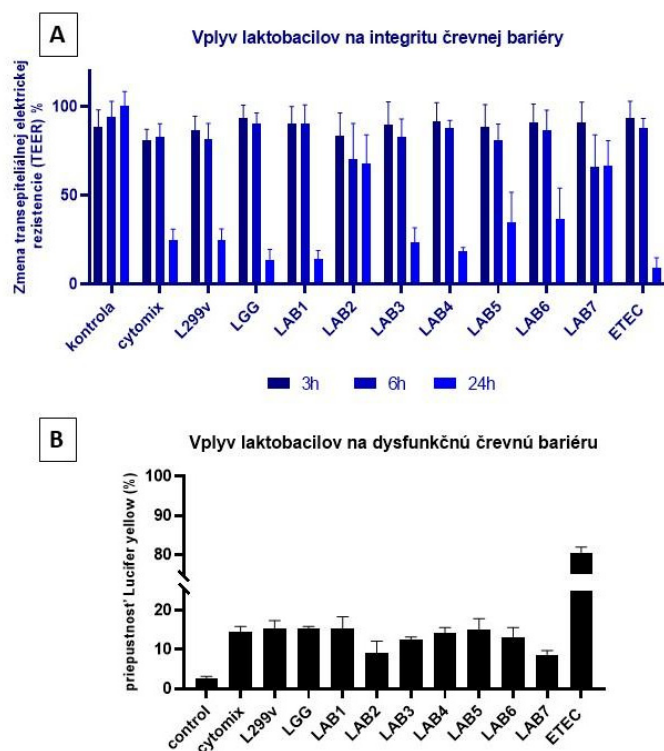
Schopnosť laktobacilov adherovať na bunky črevného epitelu je veľmi dôležitou vlastnosťou a spája sa s kľúčovými funkciami probiotík v podpore zdravia hostiteľa, a to kolonizáciou čreva, budovaním a podporou mikrobiálnej bariéry a ochranou pred patogénmi –



prostredníctvom ich inhibície alebo kompetíciou o priestor a živiny (Holst et al. 2019). Jednotlivé kmene vykazovali variabilnú úroveň adherencie, pričom najvýraznejšiu úroveň (viac ako 7%) dosiahli kmene patriace k druhu *L. fermentum*. Rovnako významne tieto kmene inhibovali aj adherenciu ETEC.

Črevný epitel tvorí kľúčovú ochrannú bariéru, ktorá oddeľuje vnútorné prostredie organizmu od lúmenu čreva obsahujúceho enormné množstvo potravinových a mikrobiálnych antigénov. Udržiavanie črevnej homeostázy vyžaduje predovšetkým štrukturálnu integritu črevného epitelu, ktorá je zabezpečená spojovacími proteínovými komplexmi (t.j. tesné spojenia, adherentné spojenia a desmozómy), ktoré sú nevyhnutné nielen pre integritu, ale aj pre reguláciu črevnej permeability (Peterson, Artis 2014). Narušenie ktorejkoľvek zo štruktúr črevnej bariéry vedie k zvýšenej permeabilite, kedy organizmus stráca vodu a elektrolyty a zároveň dochádza k translokácii luminálnych toxínov, alergénov a baktérií a nadmernej aktivácii slizničného imunitného systému vyúsťujúcemu do zápalovej reakcie (Stolfi et al., 2022). K dysfunkcii črevnej bariéry dochádza v dôsledku nadmernej stimulácie prozápalových molekúl (IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$  alebo IFN- $\gamma$ ) poškodzujúcich integritu črevného epitelu a taktiež k nej prispieva mikrobiálna dysbióza (Yu et al., 2018). Vybrané kmene laktobacilov (LAB1-LAB7) nevykazovali cytotoxický účinok na intaktnú črevnú bariéru, pričom kmene LAB2, LAB4 a LAB7 zvýšili transepiteliálnu elektrickú rezistenciu (TEER) a znížili permeabilitu v porovnaní s kontrolnou skupinou bez aditív. Najvýraznejší protektívny účinok voči cytokínmi navodenému poškodeniu črevnej bariéry vykazovali kmene LAB2 a LAB7, a to zvýšením TEER a znížením permeability v porovnaní s kontrolnou skupinou, kde boli pridávané len prozápalovo pôsobiace cytokíny (Obrázok 1). Uvedené izoláty sú kmene druhu *Limosilactobacillus fermentum*, ktorého prospešné účinky na úpravu mikrobiálnej dysbiózy, podporu črevnej bariéry, moduláciu imunitných reakcií, ale aj schopnosť priaznivo ovplyvňovať metabolizmus lipidov bola potvrdená aj v ďalších štúdiách (Jang et al. 2019; Mei et al. 2022; Wu et al. 2021).

Na základe vykonaných selekčných analýz a získaných výsledkov je možné konštatovať, že u viacerých z nových testovaných kmeňov laktobacilov sa podarilo potvrdiť probiotický charakter. Taktiež sme pozorovali kmeňovo špecifický účinok jednotlivých izolátov, čo potvrdzuje, potrebu predklinického overovania vlastností každého novoizolovaného kmeňa za fyziologických aj patologických podmienok. Zaujímavými kandidátmi pre ďalšie štúdium a pokročilejší výskum sa javia hlavne kmene druhov *L. fermentum* a *L. reuteri*.

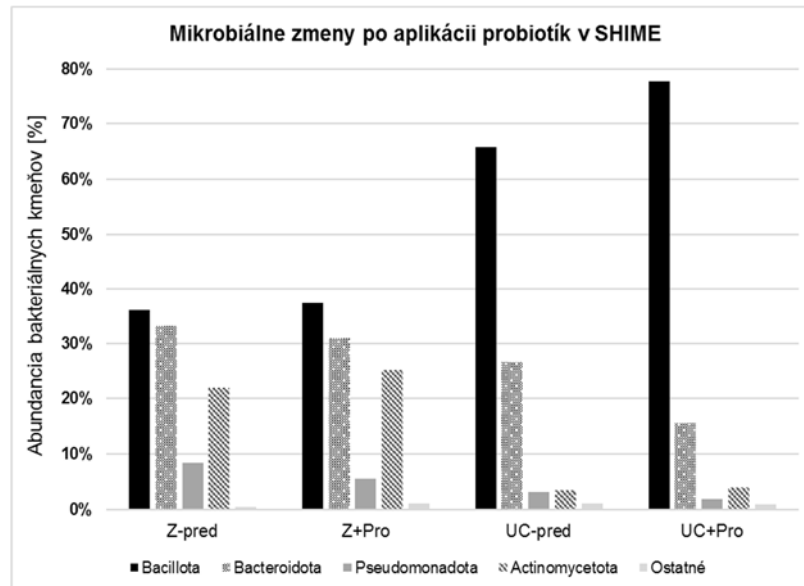


**Obrázok 1** Vplyv nových izolátov laktobacilov na integritu (A) a permeabilitu (B) črevnej bariéry in vitro. Črevná bariéra bola vystavená súbežnému pôsobeniu prozápalových cytokínov (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IFN- $\gamma$ ) a jednotlivých izolátov laktobacilov (LAB1-LAB7) v koncentrácii  $10^7$  CFU/ml. Zmena TEER črevnej bariéry bola analyzovaná po 3, 6 a 24 hodinách inkubácie a vyhodnotená ako percentuálna zmena v porovnaní s počiatočnou hodnotou TEER nameranou pred pridaním aditív (A). Vplyv LAB na permeabilitu bariéry bol analyzovaný po 24 hod inkubácie a to meraním množstva prestúpenej fluorescenčnej farbičky Lucifer yellow z apikálnej do bazolaterálnej časti kultivačnej komôrky (B). Vysvetlivky: kontrola – črevná bariéra bez aplikácie aditív; cytomix – liečba prozápalovým koktailom cytokínov TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IFN- $\gamma$ ; ETEC – enterotoxigénna *Escherichia coli* 378/80; L299v - referenčný probiotický kmeň *Lactiplantibacillus plantarum*; LGG - referenčný probiotický kmeň *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG

### Vplyv probiotickej suplementácie na zmeny črevného mikrobiómu v SHIME® modeli

Molekulárna analýza mikrobiálnych zmien prebiehajúcich v simulátore SHIME po probiotickej suplementácii stabilizovanej mikrobioty zdravého človeka a pacienta s ťažkou formou kolitídy nepotvrdila výrazný účinok. Vo vzorkách odobraných z jednotlivých reaktorov (AC, TC a DC) po 7 dňovej probiotickej suplementácii neboli pozorované výrazné zmeny v akceptorovej mikrobiote. V mikrobiote zdravého človeka došlo k miernemu zvýšeniu kmeňov Actinomycetota (Actinobacteria) a Bacillota (Firmicutes) a súčasne poklesu Pseudomonadota (Proteobacteria). Tiež bol mierne zvýšený podiel *Faecalibacterium prausnitzii*, *Bifidobacterium* spp. (<5 %) a *Lactobacillus* spp. (<1 %) v porovnaní so vzorkou pred aplikáciou probiotík. V prípade pacienta s ulceróznou kolitídou sme pozorovali tiež iba

mierny pokles početnosti kmeňov Bacteroidota (Bacteroidetes) a Pseudomonadota (Proteobacteria) a mierne zvýšenie kmeňa Bacillota (Firmicutes) (Obrázok 2).

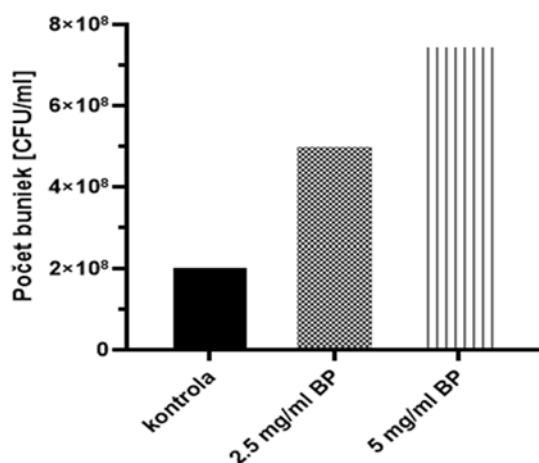


**Obrázok 2** Vplyv aplikácie probiotických laktobacilov na zmeny mikrobioty v SHIME modeli. V grafe sú výsledky NGS analýzy sekvenovania bakteriálneho metagenómu 16S rRNA zobrazujúce zmeny v početnosti hlavných taxonomických kmeňov Bacillota, Bacteroidota, Pseudomonadota a Actinomycetota vo vzorkách pred a po probiotickej suplementácii. Z-pred = mikrobiota zdravého darcu pred aplikáciou probiotík; Z+Pro = mikrobiota zdravého darcu po aplikácii probiotík; UC-pred = mikrobiota pacienta s ulceróznou kolitídou pred aplikáciou probiotík; UC+Pro = mikrobiota pacienta s ulceróznou kolitídou po aplikácii probiotík

Predpokladáme, že príčinou neúspešnej modulácie črevného mikrobiómu môže byť samotný *in vitro* model, ktorý rovnako ako všetky modely má svoje limitácie v porovnaní so živým organizmom. V tomto experimente pravdepodobne zásadnú úlohu zohrávala absencia črevného epitelu a mucínu, keďže probiotiká na to, aby boli schopné modulovať črevnú mikrobiotu musia byť schopné kolonizovať sliznicu tráviaceho traktu. V našom experimente teda ich prítomnosť v luminálnom obsahu nebola postačujúca na významné zmeny mikrobioty. Napriek tomu, sme vo vzorkách zdravého človeka, ako aj pacienta s kolitídou zaznamenali zmeny na metabolickej úrovni a to v koncentrácii mastných kyselín s krátkym reťazcom (acetát, propionát, butyrát). Mastné kyseliny s krátkym reťazcom sú koncové produkty bakteriálneho metabolizmu, nevyhnutné pre správne fungovanie hostiteľského organizmu. Z tohto pohľadu probiotická suplementácia má svoje opodstatnenie avšak je nevyhnutný výber vhodných probiotických kmeňov s potvrdenou účinnosťou pri konkrétnych patologických stavoch.

### ***Lyofilizácia a imobilizácia vyselektovaných kmeňov laktobacilov.***

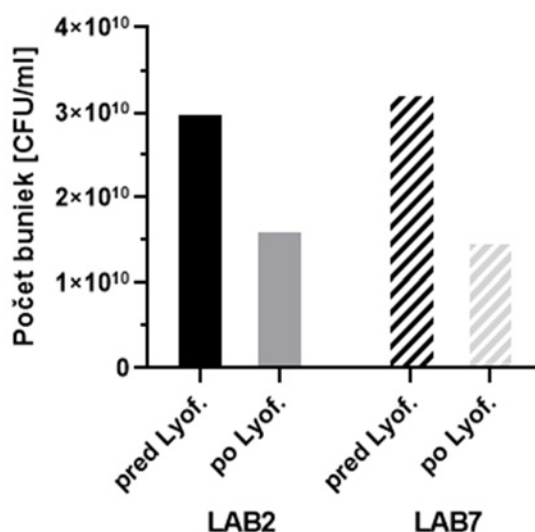
Je dobre známe, že imobilizácia zvyšuje životaschopnosť probiotických baktérií a znižuje vplyv inaktivačných faktorov, ako sú fyzikálno-chemické zmeny počas spracovania, skladovania a produkcie funkčných potravín a prechod GIT. Účinnosť imobilizácie probiotických baktérií závisí najmä od správneho výberu použitého nosiča, ktorý môže byť získaný z prírodných zdrojov alebo umelo pripravený. V rámci aktivity sme testovali niekoľko naturálnych nosičov s prebiotickými vlastnosťami ako napríklad ľan a včelí peľ (BP), ktoré sú bohaté na biologicky aktívne látky. Experimenty potvrdili, že proliferácia a aktivita probiotických baktérií vplyvom zvyšujúcej sa koncentrácie BP mala stúpajúcu tendenciu (Obrázok 3). Príkladom úspešných naturálnych nosičov môžu byť taktiež mliečne bielkoviny, ako je srvátkový proteín a kazeín, ktoré boli použité ako nosiče pre LAB vo funkčných potravinách, konkrétne jogurtoch a syroch, vďaka ich štruktúrnym a fyzikálno-chemickým vlastnostiam (Kvakova et al., 2021).



**Obrázok 3** Vplyv rôznej koncentrácie BP na proliferáciu LAB 7

Potencujúci účinok BP na LAB a zvýšená cytotoxicita voči bunkám kolorektálneho karcinómu boli potvrdené pomocou prístroja xCELLigence® RTCA SP. Bunky HCT-116 boli vystavené vplyvu BP, BP v kombinácii s LAB a kondicionovanému médiu, obsahujúcemu extrahované bioaktívne látky po dobu 72 hod. Potencujúci účinok BP sa prejavil signifikantným poklesom bunkového indexu línie HCT-116 po 32 hod. v skupine BP v kombinácii s LAB. Navyše, kondicionované médium taktiež vykazovalo cytotoxicitu inhibíciou proliferácie a metabolickej aktivity HCT-116.

Lyofilizácia je najbežnejšie používaná technika dehydratácie kultúry mikroorganizmov na stabilizáciu probiotík vo funkčných potravinách (napr. v mliečnych výrobkoch, sójových a mäsli tyčinkách, jablčných pochutinách a klobáse). Avšak lyofilizácia môže negatívne ovplyvňovať bunky, ako je narušenie bunkových stien, kolaps proteínov a zmrštenie buniek, preto je dôležitý správny výber lyoprotektantu (Mostafa, 2020). V našich experimentoch sa ukázala trehalóza ako najvhodnejší lyoprotektant (Obrázok 4).



**Obrázok 4** Vplyv procesu lyofilizácie na vybrané izoláty LAB2 a LAB7 v prítomnosti lyoprotektantu (10% trehalóza).

Trehalóza je neredukujúci disacharid, ktorý bol dlhodobo študovaný, či spĺňa podmienky biokompatibilnej rozpustnej látky. Trehalóza je mimoriadne užitočná na dlhodobé uchovávanie rastlinných plodín a mikroorganizmov a je známa svojou odolnosťou voči environmentálnym stresorom, ako je nízka teplota, suchosť a vysoká slanosť (Cui et al., 2023).

## Záver

V rámci Aktivity 11 sme vyseletovali niekoľko potenciálnych probiotických novo-izolovaných kmeňov laktobacilov, u ktorých predpokladáme budúce využitie v prevencii a podpornej terapii ochorení, v ktorých etiológii sa uplatňuje akútne alebo chronický zápal. Ďalej sme sa zamerali aj na selekciu naturálneho nosiča s prebiotickými vlastnosťami a potencujúcim účinkom na izolované laktobacily za účelom ich imobilizácie. Imobilizácia probiotík je dôležitá z pohľadu aplikácie probiotík v praxi, zvyšujúca ich viabilitu počas spracovania, skladovania, atď. Dosiahnuté výsledky sú podkladom pre vypracovanie receptúry

novej funkčnej potraviny, avšak stálou výzvou pri príprave funkčných potravín a výživových doplnkov je zabezpečenie dostatočného množstva viabilných probiotických baktérií pred konzumáciou, ako aj počas prechodu GIT na miesto ich pôsobenia. Preto treba zväžiť selekciu vhodných kmeňov, kultivačných podmienok, nosičov a v neposlednom rade lyoprotektantov.

### **Pod'akovanie**

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## **Aktivita 12: Vývoj nových druhov potravín a nápojov s pozitívnym účinkom na zdravie spotrebiteľov**

*František Kreps\*<sup>1</sup>, Peter Šimko<sup>1</sup>, Mária Greifová<sup>1</sup>, Zlatica Kohajdová<sup>1</sup>, Lukáš Kolarič<sup>1</sup>, Gabriel Greif<sup>1</sup>, Anna Mikulajová<sup>1</sup>, Zuzana Krepsová<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 2101/9, 812 37 Staré Mesto*

\* [frantisek.kreps@stuba.sk](mailto:frantisek.kreps@stuba.sk)

### **Abstrakt**

V kapitolách tohto príspevku sme zhrnuli výsledky nášho výskumu zameraného na vývoj nových druhov potravín s potenciálne zdraviu prospešným účinkom. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že je možné znížiť obsah cholesterolu v mliečnych výrobkoch o 95 až 99 %. V syroch sme znížili obsah biogénnych amínov o 66 %. Pripravili sme fermentované nápoje bohaté na biologické látky pochádzajúce z rakytníka rešetliakového, mrlíka čílskeho a probiotické pohánkové výrobky. Všetky pripravené nápoje mali unikátne zastúpenie látok s pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie. Vyvinuli sme tiež model predikcie oxidačnej stability rastlinných olejov za podmienok ohrevu, alebo skladovania, aby sa predišlo konzumácii rastlinných olejov s obsahom väčšieho množstva oxidačných produktov. Zamerali sme sa na vývoj technológií a potravín, ktoré riešia niektoré problémy civilizačných ochorení. WHO na Viedenskej deklarácii označila civilizačné ochorenia za globálnu epidémiu. Zmiernenie jej dopadov má prioritu aj v našej práci.

**Kľúčové slová:** cholesterol, biogénne amíny, fermentované nápoje, probiotické nápoje

### **Úvod**

Obsah cholesterolu v krvi má zásadný vplyv na zdravie obyvateľstva. Zníženie obsahu cholesterolu v krvi o 10 % znižuje pravdepodobnosť vzniku kardiovaskulárnej príhody u seniorov o 30 %. Cholesterol možno z potravín efektívne odstraňovať jeho sorpciou na špecifické komponenty počas procesov výroby potravín. Takýmto spôsobom je možné vyrobiť smotanu a mlieko, ktoré sú základom výroby výrobkov (maslo, syry) v ktorých je obsah cholesterolu znížený o viac ako 90 %. V zrejúcich syroch je potrebné zároveň znížiť obsah

biogénnych amínov a popísať gény, kódujúce potenciálne enzýmy schopné degradovať biogénne amíny. Ďalšou skúmanou oblasťou je rastlinná biomasa, ktorá ponúka vysoko cenný zdroj látok účinných pri prevencii civilizačných ochorení, vrátane cukrovky a obezity. Využitie takýchto látok v potravinách je vysoko žiadúce vzhľadom na potrebu prevencie pred civilizačnými ochoreniami. Riešením týchto problémov je výskum a vývoj nových technológií a tiež potravín a nápojov, ktoré môžu mať pozitívny účinok na zdravie spotrebiteľov.

## **1. Využitie rastlinnej biomasy pri fortifikácii potravín**

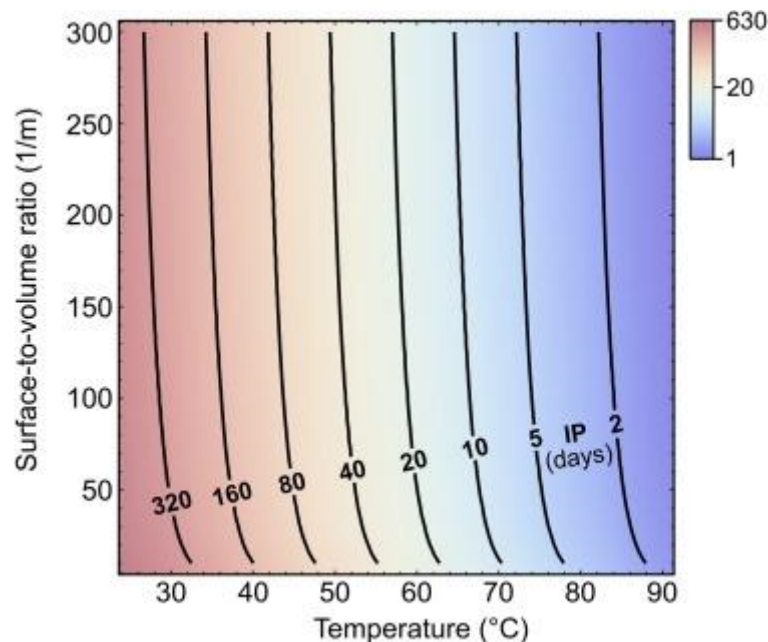
V prvom kroku výskumu sme sa zamerali na skrínig látok rastlinnej biomasy rakytníka rešetliakového, ich antioxidačnú aktivitu a aplikáciu do sušienok a fermentovaných nápojov. Najvyššie hladiny celkového obsahu polyfenolov (29,0 mg GAE/g sušina), flavonoidov (4,1 mg CE/g sušina) a rutínu (1,6 mg/g sušina), ako aj najvyššiu antioxidačnú aktivitu (123 mmol TEAC/kg) sme stanovili v 70 % etanolovom extrakte šťavy z rakytníka (Kreps et al., 2021b). Napriek tomu, že plody, šťava a výlisky rakytníka sú dobrým zdrojom biologicky aktívnych látok a antioxidantov so zdraviu prospešnými účinkami, sú málo konzumované z dôvodu ich kyslosti a adstringentosti (Schubertová et al., 2021b). Zamerali sme sa na fermentovanie rakytníkovej šťavy s využitím 11 mikrobiálnych kultúr. Výsledky potvrdzujú nové možnosti prípravy fermentovaného nápoja s vylepšenými senzorickými vlastnosťami a pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie (Schubertová et al., 2021a). Ďalšou úspešnou implantáciou zdraviu prospešných látok rakytníka do potraviny bola aplikácia výliskov (odpadná biomasa pri výrobe šťavy) do cereálnych sušienok. Zistili sme, že 15 % prídavok bol senzoricky veľmi atraktívny a so zvýšením prídavku výliskov, oproti 0, 5, 10 % prídavku, sa intenzita vône zvýšila. Sušienky boli bez nežiaduceho zápachu a bez adstringentnej chuti, sprevádzané primeranou kyslosťou a výbornou oxidačnou stabilitou (Janotková et al., 2021). Pri oxidačnej stabilite sme zostali a navrhli sme kinetický model predikcie oxidačnej stability slnečnicového oleja v závislosti od teploty a povrchu/objemu oleja (Obrázok 1), ktorý je ľahko aplikovateľný pre prax (Kreps et al., 2021a).

## **2. Eliminácia cholesterolu zo smotany a mlieka**

Populácia SR je exponovaná nadmernému dennému príjmu cholesterolu z potravy (Kukula et al., 2020). Z tohto dôvodu sa hľadal spôsob zníženia denného príjmu cholesterolu v niektorých druhoch potravín v súlade s svetovým trendom (Kolarič and Šimko, 2022a). V experimentoch bol cholesterol odstraňovaný pomocou  $\beta$ -cyklodextrínu ( $\beta$ -CD), s ktorým



cholesterol tvoril tzv. inklúzy komplex na báze fyzikálno-chemickej interakcie na báze van der Waalsových síl.



**Obrázok 1** Obrisy konštantných dĺžok indukčnej periódy IP (v dňoch) rastlinných olejov predpovedaných pomocou modelu pri teplote 25 – 90 °C, pomere povrchu k objemu medzi 10 a 300 m<sup>-1</sup> s tlakom kyslíka fixovaným na 0,21 bar (Kreps et al., 2021a)

Táto interakcia je optimálna ako vo vzťahu k vysokej účinnosti eliminácie cholesterolu z kvapalného prostredia, tak aj dostatočnej selektivity, keď po optimalizácii parametrov opracovania mlieka a smotany s  $\beta$ -CD sa zistilo, že účinnosť odstraňovania cholesterolu ovplyvňovali najmä rýchlosť miešania a odstred'ovania, doba usadzovania a koncentrácia  $\beta$ -CD. V mlieku bola najvyššia miera odstránenia cholesterolu (99,4 %) pozorovaná pri 1,5 % (w/w)  $\beta$ -CD, zatiaľ čo v smotane bola najvyššia miera (94,3 %), masle (95,6 %) a tvarohu (97,9 %) dosiahnutá pri 5 % (w/w) prídavku  $\beta$ -CD, pričom farebné rozdiely ( $\Delta E$ ) sa pohybovali od 0,27 do 0,57 a zmeny v textúrnych charakteristikách boli štatisticky nevýznamné (Kolarič et al., 2022; Kolaríč and Šimko, 2022b). Vyvinutý spôsob eliminácie cholesterolu z kvapalného prostredia je vhodný pre výrobu nového sortimentu nízko-cholesterolových mliečnych výrobkov so značnými zdravotnými benefitmi pri prevencii kardiovaskulárnych ochorení.

### 3. Eliminácia biogénnych amínov v syroch

V prvej časti práce boli testované (i) zbierkové kmene *Lactobacillus reuteri* CCM 3642, 3643, 3644, 3645, *Carnobacterium divergens* CCM 4117, (ii) 8 kmeňov leukonostokov

(*Leu.mesenteroides*) a 6 kmeňov pediokokov (*P.pentosaceus*) izolovaných z hrudkových syrov vyrobených zo surového mlieka v prostredí živných bujónov na ich schopnosť produkovať biogénne amíny vo zvolených podmienkach. Všetky analyzované kmene boli kultivované vo vhodných podmienkach v MRS (*L. reuteri*, *Leu. mesenteroides*, *P. pentosaceus*) a BHI (*C. divergens*) bujóne obohatenom o prekurzory (histidín a tyrozín) sledovaných biogénnych amóniov (BA). Kvalitatívna a kvantitatívna charakteristika bola stanovená v supernatante pomocou metódy HPLC za použitia UV detekcie, po predkolónovej derivatizácii dansylchloridom. Zároveň v tejto časti bol tiež sledovaný vplyv rôzneho prídavku NaCl (1, 2, 3 a 5 %) do bujónov na výslednú koncentráciu sledovaných BA u kmeňov *L. reuteri* a *C.divergens*. Leukonostoky a pediokoky BA neprodukovali (Body et al., 2021).

Ďalšia časť práce bola zameraná na hodnotenie schopnosti vybraných kmeňov *Geotrichum candidum* CCM 8265, G a I degradovať tyramín v prostredí syntetického média. Zároveň bola sledovaná produkcia kyseliny 4-hydroxyfenyloctovej ako metabolitu odbúrania tyramínu. Syntetické médium bolo obohatené o prídavok tyramínu a testované kmene boli kultivované vo vhodných podmienkach pre ich rast a metabolickú aktivitu. Analýza tyramínu a kyseliny 4-hydroxyfenyloctovej bola vykonaná pomocou HPLC s UV a RI detekciou.

Ďalej sa posudzovala kokultivácia tyramín produkujúcich kmeňov kyslomliečnych baktérii s vybranými kmeňmi *Geotrichum candidum* schopnými odbúravať tyramín. Kmene *Lactococcus lactis* 3S3 a *Enterococcus faecium* 30E1, schopné produkovať tyramín, boli najprv kultivované samostatne počas 24 hodín, kedy bola sledovaná produkcia tyramínu. Následne v 24. hodine boli do kultivačného média pridané vybrané kmene *Geotrichum candidum* CCM 8265, G alebo I a bola sledovaná zmena koncentrácie tyramínu v ďalšom priebehu kultivácie. Zároveň boli sledované zmeny pH a koncentrácie glukózy. Bol analyzovaný aj produkčný profil organických kyselín pomocou metódy HPLC, za použitia UV a RI detekcie. Pozornosť bola zameraná na kyselinu mliečnu (produkt fermentácie glukózy), kyselinu 4-hydroxyfenyloctovú, kyselinu fenylmliečnu a 4-hydroxyfenylmliečnu (ako významné antifungálne agensy). Experimenty prebiehali v BHI a M17 bujóne, ktoré boli obohatené o prídavok tyrozínu ako prekurzora tyramínu.

Ďalší výskum v oblasti degradácie tyramínu pomocou mikroorganizmov bol realizovaný v reálnej potravinovej matrici. V laboratórnych podmienkach bol vyrobený syr z mlieka obohateného o prídavok tyramínu s vybraným kmeňom *Geotrichum candidum* G. V zvolených intervaloch bolo sledované, či použitý kmeň dokázal znižovať koncentráciu umelo pridaného tyramínu v procese zrenia, resp. skladovania vyrobeného syra. Tento kmeň po 28 dňoch znížil koncentráciu tyramínu o 66 %.

Posledným cieľom bolo potvrdiť prítomnosť génu pre monoaminoxidázu a jej podiel na degradácii tyramínu. Analýza genómu *G. candidum* CLIB9 dostupná v databáze NCBI odhalila prítomnosť génu GECA01s04594g kódujúceho potenciálnu flavín dependentnú monoaminoxidázu a ďalšie 4 gény pre aminooxidázy obsahujúce meď. Následne sa uskutočnila kultivácia kmeňa *G. candidum* G, ktorý vykazoval výraznú schopnosť odbúravať tyramín. V médiu bez a s pridaným tyramínom a stanovila sa miera expresie génu GECA01s04594g v časových intervaloch 24, 48, 72, 96 a 168 h. Taktiež sme analyzovali aj médium po kultivácii, kde sme stanovili koncentráciu kyseliny fenylmliečnej a 4 hydroxyfenyloctovej. Vo všetkých troch kmeňov *G. candidum* bola preukázaná prítomnosť génu pre potenciálnu monoaminoxidázu pomocou PCR. Počas prvých troch dní sme zaznamenali nárast expresie génu GECA01s04594g vo vzorkách kultivovaných v prítomnosti tyramínu oproti kontrole rastúcej v médiu bez tyramínu o dvojnásobok. Okrem toho v médiu po kultivácii kontinuálne rástla aj koncentrácia kyseliny 4-hydroxyfenyloctovej ako konečný produkt oxidácie tyramínu. Kmeň *G. candidum* G, vykazuje potenciál ako produkčný kmeň, ktorý dokáže degradovať tyramín z prostredia. Na tejto degradácii je zodpovedný gén GECA01s04594g, ktorý kóduje potenciálnu flavín dependentnú aminooxidázu, a ktorého expresia sa v prítomnosti tyramínu signifikantne zvýšila.

#### 4. Inovatívne technológie pre potraviny a nápoje na báze cereálií

Vzhľadom k tomu, že v súčasnosti rastie záujem spotrebiteľov o funkčné výrobky s probiotickým charakterom bol hodnotený potenciál pohánkových substrátov na produkciu probiotických fermentovaných výrobkov (na vodnej resp. mliečnej báze, s prídavkom brusnicového prášku ako ochucujúcej zložky) s využitím štartovacích kultúr Fresco DVS 1010, *Lactobacillus rhamnosus* GG a *Lactobacillus plantarum* HM1. Bolo preukázané, že aplikované mikrobiálne kmene sú schopné metabolizovať dané substráty. Fermentované pohánkové produkty obsahovali výrazne vyššie množstvo fenolových zlúčenín a flavonoidov (o 16,9 – 130,8 % resp. 13,4 – 37,7 %) a vykazovali vyššiu antioxidačnú aktivitu (o 14,5 – 145,9 %) ako nefermentované produkty. Ďalej bolo zistené, že fermentácia pohánkových substrátov, ktoré obsahovali aj brusnicový prášok (2,5 g/100 g) viedla k výraznému zvýšeniu množstva kyseliny galovej, protokatechovej a vanilínovej vo finálnych produktoch (o 34,3 – 134,9 %) (Mikulajová et al., 2021)

V ďalšej fáze riešenia projektu bola skúmaná vhodnosť mrlíka čílskeho (quinoa) na produkciu nápojov pre spotrebiteľov so špeciálnymi výživovými potrebami (cukrovka,

celiakia). V pripravených nápojoch sa stanovil ich nutričný profil, glykemický index, technologické a senzoricke charakteristiky. Ukázalo sa, že desaponifikácia predstavuje efektívny spôsob na elimináciu saponínov (horkých látok) zo suroviny. Aplikácia termostabilných alfa amyláz mala za následok redukcii obsahu škrobu vo finálnych nápojoch. Na zlepšenie senzorickej akceptácie nápojov boli tieto sladené prírodnými sladidlami s nízkym glykemickým indexom (inulín alebo agávový sirup). Vyvinuté nápoje obsahovali 0,60 – 0,63 g proteínov na 100 ml a ich glykemický index bol nižší ako 69 (Kohajdová et al., 2023).

## **Záver**

Vyvinuli sme technológiu vďaka ktorej sme znížili pôvodný obsah cholesterolu v mlieku o 99,4 %, smotane o 94,3 %, masle o 95,6 % a tvarohu o 97,9 %. Zníženie príjmu cholesterolu v strave má zásadný vplyv na zlepšenie zdravotného stavu obyvateľstva. Ďalej naočkovaním *Geotrichum candidum* G sa nám podarilo znížiť obsah biogénnych amínov v syroch o 66 %. Z rastlinnej biomasy sme sa najskôr zamerali na rakytník, ktorý ponúka zdroj biologicky aktívnych látok využiteľný vo fermentovanej rakytníkovej šťave. Samotné výlisky plodov našli uplatnenie v cereálnych sušienkach s 15 % prídavkom, ktoré mali výbornú oxidačnú stabilitu a boli senzoricke atraktívne. Ďalej fermentované pohánkové produkty obsahovali výrazne vyššie množstvo fenolových zlúčenín a flavonoidov (o 16,9 – 130,8 % resp. 13,4 – 37,7 %) a vykazovali vyššiu antioxidačnú aktivitu (o 14,5 – 145,9 %) ako nefermentované produkty. Ďalej sme potvrdili, že mrlík čílský (quinoa) je vhodný na produkciu nápojov pre spotrebiteľov so špeciálnymi výživovými potrebami (cukrovka, celiakia).

## **PodĎakovanie**

Táto publikácia bola podporená z Operačného programu Integrovaná infraštruktúra v rámci projektu: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný Európskym fondom regionálneho rozvoja.

## Aktivita 13: Láskavec ako inovatívny genetický zdroj

Andrea Hricová<sup>1\*</sup>, Monika Szabóová<sup>1</sup>, Veronika Lancíková<sup>1</sup>, Veronika Mistríková<sup>1</sup>,  
Jana Libantová<sup>1</sup>, Martin Jopčík<sup>1</sup>, Eva Boszorádová<sup>1</sup>, Alena Gajdošová<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav genetiky a biotechnológií rastlín, Centrum biológie rastlín a biodiverzity SAV, v. v. i.,  
Akademická 2, 950 07 Nitra

\*[andrea.hricova@savba.sk](mailto:andrea.hricova@savba.sk)

### Abstrakt

Druhy rodu *Amaranthus* spp. priťahujú pozornosť najmä z hľadiska ich využitia vo výžive ľudí. Semená laskavca majú zaujímavé chemické zloženie, významný nutričný potenciál s vysokým obsahom esenciálnych zložiek, ktoré majú pozitívny vplyv na ľudské zdravie. Ich prednosťou je pomerne vysoký obsah bielkovín, škrobu a tukov. Vzhľadom na nízky podiel lepkotvorných bielkovín v semenách laskavca, môžu byť výrobky z neho konzumované pri bezlepkovej diéte. V prehľadovej štúdií charakterizujeme slovenské odrody laskavca 'Pribina' (*A. cruentus* L.) a 'Zobor' (*A. hypochondriacus* × *Amaranthus hybridus*) so zreteľom na kvalitatívne a kvantitatívne ukazovatele, ako aj posúdenie akumulácie ťažkých kovov z hľadiska konzumácie a potravinovej bezpečnosti.

**Kľúčové slová:** laskavec, výživa, ťažké kovy, génová expresia

### Úvod

V dôsledku globálnych zmien je požiadavka šľachtiť a pestovať druhy, ktoré sa rýchlo dokážu adaptovať na nové podmienky a súčasne budú dosahovať dostatočnú produkciu. Zároveň u konzumentov vzrastá aj dopyt po prírodných produktoch s dietologickými až liečebnými účinkami. Mnohé podceňované a minoritné druhy sú významným zdrojom biologicky aktívnych komponentov a z výživového hľadiska dôležitých látok, a zároveň majú veľký potenciál adaptability na nepriaznivé podmienky prostredia. Laskavec (*Amaranthus* spp.), ktorý patrí medzi tri najdôležitejšie pseudoobilniny, sa radí medzi takéto minoritné plody.

Laskavec má zaujímavé chemické zloženie semena vyznačujúce sa vysokým obsahom bielkovín, škrobu, tukov a sú významným zdrojom vitamínov, minerálnych látok a vlákniny. V porovnaní s tradičnými obilninami sú bielkoviny laskavca tvorené hlavne albumínmi

a globulínmi, čo ho z nutričného hľadiska približuje k strukovinám. Druhy rodu *Amaranthus* spp. sú odolné voči mnohým chorobám, vysokým teplotám a suchu. Je známe, že niektoré druhy majú tiež schopnosť tolerovať a akumulovať niektoré ťažké kovy z pôdy.

Jedným z nástrojov na zlepšenie vlastností plodín je mutačné šľachtenie, ktoré sa úspešne využíva na vývoj nových odrôd a generovanie polygénnej variability (Joshi et al. 2018; Kim et al. 2020). Náš predchádzajúci výskum bol zameraný na zlepšenie niektorých vlastností láskavca prostredníctvom  $\gamma$ -žiarenia.

Zámerom tejto prehľadovej štúdie je predstavenie dvoch slovenských odrôd láskavca 'Pribina' a 'Zobor', generovaných  $\gamma$ -žiarením, so zameraním na úrodovné znaky, obsah niektorých biologicky aktívnych látok ako aj posúdenie akumulácie ťažkých kovov vzhľadom na potravinovú bezpečnosť.

### **Biologický materiál**

Pomocou radiačnej mutagenézy genotypu Fichta (*Amaranthus cruentus* L.) a hybridného genotypu K-433 (*Amaranthus hypochondriacus* × *Amaranthus hybridus*), patriacich medzi zrnové typy láskavca, sme získali zbierku šľachtiteľského materiálu, ktorý predstavuje nové, perspektívne genetické zdroje. Jej súčasťou sú prvé slovenské odrody - 'Pribina' (*A. cruentus* L.) a 'Zobor' (*A. hypochondriacus* × *Amaranthus hybridus*), vyznačujúce sa zvýšeným parametrom úrodnosti a vysokou nutričnou hodnotou semena. Sú prioritne určené k využitiu v potravinárskom priemysle (Gajdošová et al., 2007; Hricová et al., 2016). Počas vegetačných období boli uskutočňované morfológické hodnotenia odrôd a línií zbierky s následnou selekciou rastlín vhodného ideotypu pre ďalší výsev.

### **Kvantitatívne a kvalitatívne hodnotenie láskavca**

Počas uplynulých rokov sme vyseletovali niekoľko generácií rastlín na vybraný hospodársky znak, ktorým bol ukazovateľ úrody - hmotnosť tisíc semien (HTS). Získaný šľachtiteľský materiál všeobecne vykazoval s ohľadom na ročník a lokalitu dlhodobu zvýšenú hmotnosť semien.

Odrody 'Pribina' (0,90–0,97 g) a 'Zobor' (0,83–0,86 g) mali najvyššiu HTS v porovnaní nielen s pôvodnými kontrolnými genotypmi, ale tiež komerčne dostupnými odrodami Aztec (0,73–0,82 g), Plainsman (0,68 – 0,73 g) a Koniz (0,68 – 0,71 g) (Szabóová et al., 2020). Hodnoty HTS nových odrôd boli o 67 % vyššie v porovnaní s 11 genotypmi *A. cruentus*, ktoré analyzovali Rivelli et al. (2008). Na základe hodnotení môžeme povedať, že tento znak má

tendenciu dlhodobej genetickej fixácie a k jeho pozitívnej zmene tak došlo vplyvom mutácie spôsobenej cieleňou radiáciou.

Kvalitatívne hodnotenie nových odrôd láskavca bolo zamerané na biochemické analýzy semien a listov s cieľom kvantifikácie niektorých biologicky aktívnych látok ako aj testovanie antioxidačnej aktivity. Obsah bielkovín je dôležitým kvalitatívnym ukazovateľom, ktorý určuje smer využitia danej plodiny. Pri hodnotení nutričnej kvality semena je rozhodujúce aj zastúpenie jednotlivých frakcií bielkovín a s tým súvisiaci obsah esenciálnych aminokyselín. V porovnaní s konvenčnými obilninami, ako je pšenica (14 %), kukurica (10 %) alebo ryža (7 %), je pre semená láskavca charakteristický vysoký obsah nutrične plnohodnotných bielkovín (13-21 %) a zároveň nízky obsah neplnohodnotných zásobných bielkovín (Mota et al., 2016; Venskutonis and Kraujalis, 2013). Semená *A. hypochondriacus* (18 %) majú všeobecne vyšší obsah bielkovín ako semená *A. cruentus* (13-18 %) a *A. caudatus* (17-18 %; Gorinstein et al., 1998). Semená odrôd 'Pribina' a 'Zobor' vykazovali obsah bielkovín v priemere 13-14 % (Hricová et al., 2016; Kečkešová et al., 2012).

Výhoda semien láskavca v porovnaní s bežnými obilninami spočíva v pomerne vysokom obsahu bielkovín s takmer optimálnym zastúpením esenciálnych aminokyselín. Láskavec obsahuje 2 až 3-krát viac lyzínu ako obilniny a vyznačuje sa taktiež vysokým obsahom arginínu a tryptofánu (Malik and Singh, 2022). V analyzovaných vzorkách dominoval z esenciálnych aminokyselín arginín, spomedzi neesenciálnych aminokyselín boli najviac zastúpené kyseliny glutámová a asparágová. Najvyšší obsah limitujúceho lyzínu bol stanovený v odrode 'Zobor' (4,70 - 0,55 g/16 g N). Z hľadiska obsahu bielkovín a výživy môžeme 'Zobor' považovať za nutrične vyváženú a sľubnú odrodu, vhodnú na dennú konzumáciu (Szabóová et al., 2020).

Semená láskavca majú vo všeobecnosti vyšší obsah tukov ako bežné obilniny. Pravdepodobne najdôležitejším prvkom olejovej frakcie je fytosterol skvalén, ktorý má pozitívne účinky na ľudské zdravie (Kraujalis and Venskutonis, 2013). Obsah skvalénu je v niektorých komerčných olejoch relatívne nízky, napr. 0,2 % v kokose, 0,5 % v palmovom oleji, 0,7 % v ľanovom semene, 1 % v olivovom a 1,5 % v avokáde. Olivy sú jediným komerčne využívaným rastlinným zdrojom, napriek tomu že obsah tejto prospešnej látky je vyšší v oleji zo semien láskavca (Lozano-Grande et al., 2018; Khamar et al., 2014). V semenách našich novošľachtencov 'Pribina' a 'Zobor' sme detegovali výrazne vyššiu výťažnosť oleja a taktiež skvalénu v porovnaní s komerčne preferovanými odrodami Aztec, Plainsman a Koniz (Szabóová et al., 2020).

Obilniny a výrobky z obilnín sú všeobecne považované za dôležitý zdroj folátov, ale ich obsah sa pohybuje v širokom rozmedzí v rozdielnych druhoch obilnín, ako aj v rámci jedného druhu. Semená laskavca majú vo všeobecnosti vyšší obsah kyseliny listovej a jej derivátov, súhrnne nazývaných foláty, (52,8 až 73,0 mg/100 g sušiny) v porovnaní so zrnami pšenice (22,9 mg/100g sušiny), jačmeňa (33,6 mg/100 g sušiny) či raže (23,7 mg/100 g sušiny) (Schoenlechner et al., 2010). V prípade novej odrody 'Zobor' bol priemerný obsah folátov 936,00-999,50 ng/g čerstvej biomasy. V súčasnosti nie je dostatok literárnych zdrojov zaoberajúcich sa distribúciou prirodzene sa vyskytujúcich foriem folátu. V semenách laskavca sme identifikovali nasledovné prirodzene sa vyskytujúce folátové deriváty: tetrahydrofolát, 5-metyltetrahydrofolát, kyselinu 10-formylolistovú, 5-formyltetrahydrofolát, 5,10-metenyltetrahydrofolát a kyselinu listovú. Naše výsledky ukazujú, že odroda 'Zobor' mala vyšší celkový obsah folátov v porovnaní s hybridom K-433 a genotypom Fichta (Hricová et al., 2021). Z uvedeného vyplýva, že obohacovanie cereálnych produktov múkou z laskavca môže byť zaujímavým obohatením konečného produktu so zvýšeným obsahom kyseliny listovej.

V etanolových extraktoch sušených listov odrôd 'Pribina' a 'Zobor' bol stanovený aj celkový obsah fenolov, flavonoidov a rutínu, ako aj antioxidačná aktivita voči superoxidovým a hydroxylovým radikálom rôznymi metódami, ktoré sme navzájom porovnali. Pri všetkých metódach boli zistené vyššie antioxidačné účinky etanolového extraktu z listov odrody 'Pribina' v porovnaní s odrodou 'Zobor'. Nové odrody sa javia ako sľubný zdroj rastlinných metabolitov s antioxidačnými a antiradikálovými aktivitami (Fejér et al., 2021).

### **Molekulárno-genetická charakterizácia**

V oblasti molekulárno-genetických markerov sa využívajú informácie existencie priamych markerov, ktorými sú tzv. kandidátske gény, ako aj nepriame markery. Štúdium expresie génov je veľmi dôležité aj pre identifikáciu molekulárnych faktorov zodpovedných za mutantný fenotyp. Keďže škrob predstavuje hlavnú zložku semien laskavca, analyzovali sme predovšetkým gény zapojené v jeho biosyntetickej dráhe - *GBSSI* (granule bound starch synthase I), *SSSI* (soluble starch synthase I), *SBE* (starch branching enzyme) a *DBE* (starch debranching enzyme). Analýzou odrody 'Pribina', ktorá vykazuje najvyššiu HTS v zbierke mutantných odrôd a línii, sme zistili podobný trend aktivity génov vo vývinových štádiách semien (Lancíková et al., 2020a) ako popisuje Park et al. (2011, 2012a, b, 2014a, b), pričom expresia bola v porovnaní s neožiarenou formou Fichta o niečo vyššia. Niekoľkonásobne



zvýšenú aktivitu sme zaznamenali u génu *SBE*, ktorý kóduje syntézu amylopektínu, pričom vysoký obsah amylopektínu je spojený s vyššou viskozitou a stabilitou voči teplote a pH.

Významným poznatkom je tiež prítomnosť HSD1 proteínu v semenách odrody 'Pribina', analyzovaných pomocou proteomického prístupu. Overexpresiou hydroxysteroid dehydrogenázy bola u arábkovky popísaná zvýšená produkcia semien a tolerancia voči zasoleniu (Li et al., 2007), čo korešponduje aj s našimi výsledkami.

Naším cieľom je tiež odhaliť molekulárne aspekty a mechanizmy adaptácie tohto druhu na abiotický stres. K takýmto mechanizmom patrí aj DNA metylácia. Počiatočné výsledky naznačujú, že nami identifikované DNA methyltransferázy a demetylázy v zrnovom type láskavca *Amaranthus cruentus* L. sa zúčastňujú odpovede na stres spôsobený ťažkými kovmi reguláciou DNA metylácie a demetylácie, ktoré zabezpečujú stabilitu genómu a regulujú génovú expresiu. Ďalším z génov so zvýšenou aktivitou v kontexte pôsobenia tohto druhu stresu je chitináza. Naše výsledky dokazujú úlohu chitinázy (*Chit 5*), ako typického obranného proteínu stresu, aj v odpovedi/obrane rastlín láskavca vystavených pôsobeniu ťažkým kovom.

## Fytoremediačný potenciál

Láskavec má schopnosť akumulovať z pôdy ťažké kovy a tak efektívne degradovať tieto cudzorodé látky. Na štúdium fytoextrakčného potenciálu láskavca boli testované rôzne koncentrácie vybraných ťažkých kovov (Cd, Pb, Zn, Mn) v podmienkach hydroponie. Odrody 'Pribina' a 'Zobor' ako aj komerčná odroda Plainsman boli klasifikované ako odrody schopné rásť a akumulovať významné množstvá Cd (Lancíková et al., 2020b). Na základe našich zistení môžeme konštatovať, že spomedzi troch testovaných odrôd je 'Pribina' najviac tolerantnou odrodou voči Cd a Pb a môže byť použitá pri fytomanažmente pôd zaťažených týmito kovmi ako účinný fytostabilizátor (Hricová et al., 2022).

## Záver

Novošlachtence láskavca 'Pribina' (*A. cruentus* L.) a 'Zobor' (*A. hypochondriacus* × *A. hybridus*) vyvinuté na našom pracovisku sú z hľadiska úrodnosti a výživy stabilné, vyrovnané a vhodné k pestovaniu v podmienkach strednej Európy. Získané informácie ohľadom kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov môžu prispieť k ich komercializácii a zavedeniu do poľnohospodárskej produkcie na Slovensku. Z pohľadu bezpečnosti ich konzumácie v kontexte pestovania na emisne zaťažených pôdach môžeme konštatovať, že toxické ťažké kovy (Cd, Pb) sú prevažne akumulované v podzemných častiach rastlín. Preto

odrody môžeme odporučiť na fytostabilizáciu uvedených toxických elementov. Na rozdiel od Pb, Cd je translokované aj do nadzemných častí vrátane semien, kde koncentrácia tohto kovu presiahla limit stanovený FAO/WHO. Na základe uvedeného nepovažujeme konzumáciu semien a ich produktov získaných pestovaním laskavca na pôdach zaťažených Cd za bezpečnú.

### **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Aktivita 14: Názov príspevku: Nápoje s biologicky aktívnymi látkami

Ján Durec<sup>1\*</sup>, Anna Šrámeková<sup>1</sup>, Žaneta Bereczová<sup>1</sup>, Károly Malík<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mccarter a.s Bajkalská 25, 821 01, BRATISLAVA

\*[durec@mccarter.sk](mailto:durec@mccarter.sk)

### Abstrakt

Práca sa zaoberá návrhom nápoja s biologickými účinnými látkami z ovocia, zeleniny, orechov, cereálií a mikroorganizmov. Oblasť nových druhov nápojov s pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie sa teší veľkej obľube medzi obyvateľstvom aj spoločnosťou hlavne v postpandemickom období, kedy si každý človek uvedomuje potrebu viac sa starať o svoje zdravie. Výber vhodných surovín, extrahovaných látok, mikroorganizmov predurčuje finálne vlastnosti nápoja s pridanou hodnotou. Tomuto sa riešitelia venovali v prvej časti. Následne navrhovali vhodné receptúry, použitú technológiu a kontrolu parametrov produktov. V záverečnej časti adaptovali teoreticky, modelovo a laboratórne získané skúsenosti a údaje do poloprevádzkových a priemyselných podmienok pilotných výrobných konečného produktu. Potvrdenie požadovaných parametrov sa vykonalo analytickou, mikrobiologickou aj senzorickou analýzou vybraných parametrov.

**Kľúčové slová:** nápoje, biologicky aktívne, probiotické, ovocie

### Úvod

Starostlivosť o zdravie, kvalitné potraviny a zdravý životný štýl sú prioritou dnešnej doby nie len pre samotných občanov, ale aj štátu a tiež celej EÚ. Neustále sa zrýchľujúca doba, zmeny životného a pracovného prostredia nútia obyvateľstvo prispôbovať svoje stravovanie novým podmienkam. Pribúda množstvo vedeckých poznatkov, rozvíjajú sa moderné technológie a vznikajú nové možnosti výskumu a vývoja potravinárskych produktov. Nápoje predstavujú nenahraditeľnú časť nášho stravovania a môžu byť nositeľom nutrične a senzoricky aktívnych látok. Taktiež úzke prepojenie akademickej sféry, výskumnej platformy a inovatívneho priemyslu vytvára predpoklady pre úspešnú aplikáciu najnovších poznatkov do konkrétnych produktov a nápojov. Nielen tento pohľad, ale aj udržateľná produkcia surovín

domáceho pôvodu, lokálneho spracovania a eliminácia negatívnych vplyvov na životné prostredie sú rovnako dôležité.

Využitie rastlinných surovín, biologicky aktívnych látok z ovocia, zeleniny a bylín aplikáciou modernej inovatívnej technológie balených nápojov s pozitívnym účinkom na ľudské zdravie sú základom riešenej problematiky. Cieľom bolo pripraviť prototyp nápoja atraktívnych sensorických parametrov s aplikáciou biologicky aktívnych látok, vyrábaný na modernej energeticky efektívnej technológii studenej aseptickej linky garantujúcej bezpečnosť potravinu a mimoriadne šetrnej k životnému prostrediu spĺňajúce medzinárodne certifikáty kvality a normy.

V projekte boli využité skúsenosti vo výskume orientovanom na biotechnológiu a technológiu potravín, skúsenosti s riešením domácich aj medzinárodných projektov výskumu a vývoja v oblasti aplikácie rastlinných zložiek, surovín, enzýmov a prospešných mikroorganizmov. V projekte využije skúsenosti z tematicky súvisiacich projektov pre spoločnosť Tesco UK „Healthy living“, pre holandskú spoločnosť Healthy people, UK spoločnosť Chosan v oblasti domácich aj exotických extraktov, izolátov a tiež dlhoročné skúsenosti v aplikácii nových technológií, spolupráce na výskumných, investičných a technologických projektoch.

## **Materiál a metódy**

Spoločnosť McCarter a.s. disponuje výskumno-vývojovou infraštruktúrou, ktorá je budovaná od roku 2001 a je tvorená dvoma základnými oblasťami:

- 1) Mikrobiologický, fyzikálnochemický, sensorický, nutričný, biochemický výskum, výskum obalov a ich interakcie s potravinami.
- 2) Výskum procesov, aplikácii, modelovania, technológie miešania, plnenia, pasterizácie a skladovania.

Súčasťou infraštruktúry je aj unikátna studená aseptická technológia na výrobu produktov s vysokou pridanou výživovou hodnotou. Technológia je šetrná k životnému prostrediu, pretože na sterilizáciu obalu a uzáveru je používaný peroxid vodíka, ktorý sa po aplikácii rozkladá na vodu a kyslík. V roku 2015 bol aseptický plnič doplnený o systém čistenia a sanitácie pre plnoautomatický proces udržania potravinovej bezpečnosti. Tiež aplikácia inertných plynov s on line sledovaním dosiahnutých hodnôt.

## Výsledky a diskusia

V projekte boli riešené nasledujúce oblasti:

### 1) *Výber biologicky aktívnych látok z ovocia, zeleniny, cereálií, bylín a mikroorganizmov*

Základným materiálom pre tento výskum boli suroviny domácej produkcie: ovocie, zelenina, cereálie, byliny a pod. Ich domáca dostupnosť kvalita a afinita k ľudskému telu obyvateľov Slovenska je stále veľmi dôležitá. Tiež trvalá udržateľnosť produkcie surovín, finálnych produktov. Minimalizácia uhlíkovej stopy je aj celoeurópska priorita.

Zamerali sme sa na lisovanie štiav za studena zo všetkých dostupných domácich druhov ovocia prípadne zeleniny. A to od výberu vhodnej odrody, pestovateľských podmienok, kontroly kvality. Hlavne senzoričných a analytických parametrov. Cez najvhodnejší spôsob zberu, dopravy, minimálneho skladovania s kontrolou parametrov. Minimálne a šetrné spracovanie studeným lisovaním v prostredí inertnej atmosféry tiež so sledovaním technologických podmienok a ich vplyvu na senzoričné a analytické parametre získaných štiav. Následné spracovanie získaných štiav do modelových kombinácií potenciálneho nápoja. Z ovocia sme testovali hlavne jablkovú, hruškovú, pomarančovú, ananášovú šťavu. Zo zeleniny to bola cviklová a mrkvová šťava.

Pri domácich druhoch sme sa venovali pestovateľským podmienkam od kvitnutia po zber, manipuláciu a dopravu. Sledovali sme vývoj počiatočného spektra a množstva mikroorganizmov počas jednotlivých pestovateľských krokov až po technologické spracovanie. Tiež sme sledovali analytické parametre zmeny obsahu sacharidov, kyselín v celom procese. Získané dáta slúžili ako počiatočná platforma, východiskové údaje pre technologické spracovanie výroby štiav lisovaním za studena, miešaním, plnením, pasterizovaním, skladovaním a dopravou. Pre všetky druhy sme vykonávali analytické sledovanie :

- Sušiny
- Celkovej kyslosti
- Meranie pH
- Sledovanie obsahu a zmien kyseliny askorbovej metódou HPLC
- Sledovanie neenzymatického hnednutia – meranie HMF (hydroxymethyl furfural dehyd)
- Sledovanie antioxidantnej aktivity viacerými metódami
- Sledovanie profilu aromatických látok metódou GC MS a olfaktometriou
- Sledovanie farebných zmien spektrofotometricky

V oblasti mikrobiologického sledovania to bolo:

- Stanovenie celkového počtu mikroorganizmov
- Stanovenie kvasiniek a vláknitých húb
- Stanovenie koliformných baktérií
- Stanovenie probiotických mikroorganizmov

Vo všetkých prípadoch išlo o kultivačné metódy na špecifických živných pôdach v Petriho miskách.

V oblasti senzorickej analýzy sa použila 5 bodová porovnávacia metóda pričom sme sledovali:

- Farbu
- Vôňu
- Sladkosť
- Kyslosť
- Konzistenciu
- Celkový dojem

V oblasti bylín išlo od výberu potenciálnych druhov, formy, kvality, pozitívnych vlastností udržateľnosti, skladovateľnosti a sledovanie sensorických a nutričných vlastností.

Cereálie reprezentujú hlavne domáce druhy vo forme múky. Výber vhodných druhov, odrôd, parametrov. Od pestovania, zber, celoročné skladovanie spracovanie so zameraním na senzoricke a nutričné parametre. V technologickej oblasti sme sa zamerali na biotechnologické transformácie makro zložiek, mikro zložiek a ich úlohu v procese lepšieho využitia ľudským organizmom. Následne príprava modelových receptúr.

Mikroorganizmy boli navrhované hlavne ako živé, probiotické zmesné kultúry. Hlavne bezpečné, dlhoročne preskúmané s dostatočným množstvom klinických štúdií. Táto časť bola náročná na dostatočný stupeň poznania vlastností, správania a funkcionality, ktorá by smerovala k minimálnej mortalite a maximálnemu využitiu vo výžive ľudí.

## 2) *Purifikácia a stabilizácia vybraných bioaktívnych látok.*

Jednotlivé zložky sa postupne selektovali do menšej skupiny, ktorá spĺňala požiadavky na finálne senzoricke, nutričné vlastnosti. Celoročnú dostupnosť domácich surovín so štandardom kvality, dostatočnú diverzifikáciu potenciálnych dodávateľov. Vykazujúce dostatočné predpoklady transferu laboratórných modelov do polo prevádzky a následnej výroby. Nezanedbateľný je tiež ekonomický pohľad na purifikáciu a stabilizáciu. Z metód

používaných v tejto časti bola extrakcia studenou, teplou vodou, parou, organickými rozpúšťadlami a suprerkritická extrakcia.

Biologicky aktívne látky sú v čistej forme náročné na prípravu, cenu, ale aj veľmi citlivé na svetlo, oxidáciu a degradáciu – znižovanie ich účinku skladovaním. Preto sa hľadal kompromis medzi týmito uvedenými oblasťami. Na stabilizáciu sa overovali metódy zníženia vodnej aktivity, mrazenie, koncentrácia, lyofilizácia – mrazová sublimácia, konzervácia vysokým tlakom (HPP), aseptické balenie za studena. Aplikácia inertnej atmosféry, eliminácia svetelnej expozície bolo riešené samostatne.

### *3) Výskum biologického pôsobenia a sledovanie interakcií s prirodzenými zložkami nápojov.*

Štúdium literatúry, klinických testov a výsledkov domácich databáz bolo štartovacou líniou pre túto časť. Kompozície boli smerované na maximálne zlepšenie ľudského zdravia dennou konzumáciou nápojov – potravín s pridanou hodnotou, odlišujúcimi sa od bežných produktových rád. Nie všetky nutrične optimálne modely boli aj senzoricky, či technologicky akceptovateľné a naopak. Často dochádzalo k interakcii zložiek, čo negatívne ovplyvňovalo nutričné a senzorické parametre. Bolo nevyhnutné vytvoriť veľkú množinu modelov a testovať. Využívali analytické, mikrobiologické a senzorické metódy opísané v predchádzajúcej časti. Pribudlo sledovanie zákalu a zrazenín, ktoré sa často vyskytovali pri takto zložitých maticiach. Sledovanie obsahu jednotlivých zložiek a následné úpravy zloženia umožňovali modelovo v laboratóriu navrhnuť vhodné kombinácie.

Samostatnou kapitolou boli probiotické mikroorganizmy. Interakcia s navrhnutým modelom matrice, vhodný štartovací substrát, obsahy biologicky aktívnych látok mali aj negatívny účinok - mortalita. Výber vhodných kmeňov, fermentačných podmienok, vplyv na analytické a senzorické parametre značne zužovali potenciál novej aplikácie.

### *4) Návrh najvhodnejších receptúr produktov, technologického postupu, procesu stanovenia doby minimálnej trvanlivosti a sledovanie aktivity a biologického účinku.*

Završením celého snaženia bol transfer laboratórne získaných poznatkov do praxe, do polo prevádzky a aj do výroby. Základnou úlohou bolo štandardizovať parametre všetkých vstupných surovín. Model analýzy všetkých odchýlok potenciálne dodávaných surovín. Fyzikálno – chemické parametre, senzorické parametre, analýzy mikrobiálneho spektra surovín, dohľad nad rezíduami. Predikcia a modelovanie zmien a ich optimalizácia.

Riadenie jednotlivých technologických procesov spracovania sa zameralo na:

1. Čistenie zariadení a ich kontrolu
2. Sterilizáciu a ich mikrobiologickú kontrolu
3. Meranie prevádzkových veličín „on line“ (pH, Brix, kyslík, teplota)
4. Aplikáciu inertnej atmosféry v celom procese (od suroviny po produkt)
5. Optimalizáciu lisovania, miešania a transportu nápojov
6. Optimalizáciu procesu pasterizácie, plnenia a uzatvárania
7. Medzioperačnú kontrolu produktu a celého procesu so vzorkovaním
8. Výstupnú kontrolu (senzorická, mikrobiologická a analytická kontrola)
9. Sledovanie obsahu biologicky aktívnych látok a probiotík
10. Distribúciu a skladovanie
11. Stanovenie minimálnej trvanlivosti produktu
12. Sledovanie procesu „starnutia“ a meranie parametrov

Zvládnutie všetkých krokov umožnilo pristúpiť k pilotnej výrobe na základe najlepších výsledkov, ktoré sme získali v predchádzajúcich oblastiach riešenia. V našom prípade išlo o rastlinný nápoj so živými mikroorganizmami - probiotikami. Išlo o dve samostatné výroby. Dve rozdielne receptúry s rozdielnym zložením a iným druhom probiotík. Bola to plnohodnotná výroba do finálneho zákaznického balenia za podmienok priemyselnej výroby. Tieto boli dva mesiace skúmané z hľadiska zmien :

- Senzorických parametrov
- Mikrobiologických parametrov
- Samostatne sa merali rastové krivky a úroveň mortality
- Analytické parametre
- Vplyv bariérového obalového materiálu na ochranu oxidabilných zložiek
- Vplyv ochrany aktívneho uzáveru na oxidačné procesy
- Sledovanie starnutia a určenie optimálnej trvanlivosti produktu

## **Záver**

Vďaka projektovej podpore bolo možné uskutočniť výskum a vývoj v oblasti inovatívnych potravín, nápojov. Spojenie zložiek s pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie z ovocia, zeleniny, orechov, cereálií, pridanými probiotickými mikroorganizmami na rastlinnej báze predstavujú nový, jedinečný smer inovatívnych produktov. Tieto vychádzajú



z tisícročných skúseností mliečne fermentovaných výrobkov, ktoré boli pripravené aj do novej oblasti vyrábanej len na rastlinnej báze a sú tak vhodné aj pre rastúcu skupinu obyvateľstva trpiacu na intoleranciu, alebo alergiu na mliečne zložky.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## **Aktivita 15: Implementácia nových vedeckých poznatkov v oblasti priemyselného výskumu progresívnych funkčných potravín**

*Soňa Nitrayová<sup>1</sup>, Matej Brestenský<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>*Oddelenie výskumu a vývoja, TEKMAR SLOVENSKO s.r.o., Vinárska 26, 951 41 Lužianky*

*\*[matej.brestensky@tekmar.sk](mailto:matej.brestensky@tekmar.sk)*

### **Abstrakt**

V súlade s trendom stále vyššieho podielu tzv. funkčných potravín na celkovej spotrebe obyvateľstva bol predmetom riešenia priemyselný výskum realizovaný kritickým prieskumom zameraným na získanie aktuálnych vedeckých poznatkov a ich implementáciu v oblasti vývoja nových progresívnych funkčných potravín s definovanými výživovými a zdravotnými tvrdeniami. Vývoj nových produktov zahŕňal: definovanie a charakteristiku nutričných potrieb pre vybrané skupiny konzumentov, výber a nutričnú charakteristiku vhodných surovinových komponentov vrátane donorov funkčnej zložky, návrhy pomerného zastúpenia jednotlivých ingrediencií v receptúrach, výpočty živinového zloženia, vytvorenie technologických a výrobných špecifikácií. Výsledkom je 9 receptúr inovatívnych výrobkov s pridanou hodnotou určených pre vybrané skupiny konzumentov so špeciálnymi potrebami vyplývajúcimi z ich zdravotných obmedzení alebo fyziologických potrieb, prípadne vlastných preferencií.

**Kľúčové slová:** funkčné potraviny, vývoj, biologicky aktívne látky

### **Úvod**

Jedlo, ktoré jeme, sa stáva základným stavebným kameňom našej biológie (Hyman a et al., 2022). Názor, že potraviny majú účinky na podporu zdravia nad rámec svojej výživovej hodnoty bol v posledných rokoch čoraz viac akceptovaný a špecifické účinky prevencie výživy proti ochoreniam viedli k objaveniu funkčných potravín. Koncept funkčných potravín sa zrodil v Japonsku v roku 1980 (Serafini et al., 2012). Sú to potraviny, ktoré boli vyvinuté špeciálne na podporu zdravia alebo zníženie rizika ochorenia.

Funkčné potraviny sú bežné potraviny, ktoré okrem tradičných a bežných zložiek obsahujú aj zložky s významnými zdravotnými účinkami (Butnariu a Sarac, 2019). Sú definované ako nové potraviny, ktoré boli formulované tak, aby obsahovali látky alebo živé

mikroorganizmy, ktoré môžu mať hodnotu zvyšujúcu zdravie alebo predchádzajúcu chorobám, a v koncentrácii, ktorá je bezpečná a zároveň dostatočne vysoká na dosiahnutie zamýšľaného prínosu (Temple, 2022).

Funkčné potraviny môžu byť určené všeobecne pre celú populáciu alebo môže byť ich použitie cielené len na určitú skupinu konzumentov. Účinnými látkami funkčných potravín sú najčastejšie makronutrienty – bielkoviny, tuky, sacharidy; mikronutrienty – vitamíny a minerálne látky alebo veľká skupina aktívnych zložiek - biologicky aktívnych látok, ktoré majú pre organizmus dokázateľné priaznivé účinky. Patria k nim napríklad aj rastlinné extrakty, ktorých funkčné vlastnosti sa skúmajú z hľadiska ich potenciálneho použitia ako nových nutraceutík a funkčných potravín (Nicoletti, 2012). K všeobecne najrozšírenejším funkčným zložkám patria polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA), probiotiká, prebiotiká, synbiotiká a antioxidanty (Granato et al., 2020).

Predmetom riešenia projektu bol priemyselný výskum zameraný na získanie aktuálnych vedeckých poznatkov a ich implementáciu v oblasti vývoja nových progresívnych funkčných potravín s definovanými výživovými a zdravotnými tvrdeniami.

## **Materiál a metódy**

Vývoj produktov sa uskutočnil pomocou štandardných metód a procesov postupu vývoja nových produktov. Tieto metódy a procesy zahŕňajú zostavenie receptúry podľa nutričných, sensorických, technologických a funkčných požiadaviek finálneho produktu.

Ako prvý sme vždy realizovali kritický prieskum vedeckých literárnych zdrojov, následne bola realizovaná analýza a syntéza získaných poznatkov o danej problematike vrátane informácií o možnostiach použitia vyselektovaných funkčných zložiek, o ich prínosoch a odporúčaných účinných dávkach vo finálnom produkte. Potom nasledoval výber vhodných surovín vrátane donorov funkčnej zložky, zhodnotenie živinového zloženia jednotlivých ingrediencií a vypracovanie návrhu receptúry s definovanými živinovými a funkčnými parametrami. Na základe návrhovej receptúry sme vo vývojovom laboratóriu pripravovali prvé laboratórne vzorky produktov. Súčasťou tohto procesu bolo aj overovanie aplikovateľnosti použitých surovín a úpravy návrhov pomerného zastúpenia jednotlivých ingrediencií v receptúrach.

Po sensorickom a technologickom vyhodnotení pripravených prototypov sme upravovali receptúry tak, aby produkty kvalitatívne vyhovovali po všetkých stránkach. Uskutočnili sme analýzy a komparatívne vyhodnotenie množstva funkčných, resp. účinných

zložiek v produkte s cieľom zabezpečenia súladu s legislatívou a možnosti použitia príslušného zdravotného tvrdenia na obale produktu.

Po schválení finálnych receptúr laboratórnych prototypov sme presunuli vývoj produktu do prevádzkových podmienok výroby na technologické výrobné linky s cieľom dosiahnuť vo výrobných podmienkach štandard prototypu výrobku s charakteristickou senzoricou a nutričnou kvalitou. Následne sme pripravili technologické a výrobné špecifikácie v súlade s platnou legislatívou s vyšpecifikovaním jednotlivých parametrov (veľkosť výrobnéj dávky, spôsob a rýchlosť miešania, nastavenie valcov, teplota, výťažnosť a pod.), ktoré zabezpečia, že následné výroby daného produktu budú prebiehať rutinne s výslednou štandardnou kvalitou produktu.

## Výsledky a diskusia

V rámci riešenia projektu sme vyvinuli celkovo 9 produktov – funkčných potravín s obsahom funkčných zložiek, ktoré majú preukázaný pozitívny účinok na ľudský organizmus. Produkty sú rozdelené do nasledovných kategórií:

- 1) Tyčinky s obsahom adaptogénov:
  - Tyčinka s červenou repou a zázvorom, obohatená vitamínom B<sub>1</sub>
  - Tyčinka s mrkvou a kurkumou, obohatená horčíkom
- 2) Snacky s obsahom pufovaných strukovín
  - Vegan proteín cicer v horkej čokoláde s malinovou príchuťou
  - Vegan proteín bôb v horkej čokoláde s príchuťou latte
- 3) Snacky s obsahom naklíčených strukovín a semien
  - Vegan proteín naklíčený snack
- 4) Keto línia
  - Keto tyčinka peanut cookies
  - Keto tyčinka raspberry cheescake
  - Keto müsli cranberry goji
  - Keto müsli coconut cocoa nibs

Prvé dva produkty okrem ďalších ingrediencií obsahujú ako funkčné zložky aj adaptogény, ktoré sú charakteristické tým, že nemajú konkrétny špecifický účinok, ale ich príjem je spojený nielen s lepšou schopnosťou organizmu prispôbiť sa stresu a udržať/normalizovať metabolické funkcie, ale aj s lepšou duševnou a fyzickou výkonnosťou (Panossian et al., 1999). Pri vývoji tyčinky s červenou repou a zázvorom

obohatenou vitamínom B<sub>1</sub> (tiamín), sme použili len 7 surovín. Ako adaptogén sme aplikovali zázvor resp. ďumbier lekársky (*Zingiber officinale*). Ďumbier lekársky má pozitívne účinky na ľudský organizmus, medzi ktoré patrí napr. udržiavanie normálnej hladiny cukru v krvi, podpora činnosti kardiovaskulárneho systému, trávenia, prirodzenej obranyschopnosti, imunitného systému a dýchacích ciest (Dhanik et al., 2017). Okrem toho pridaný vitamín B<sub>1</sub> prispieva k správnej funkcii srdca (Nariadenie Komisie EÚ, 2012). Mleté ľanové semeno, ktoré je jednou z ingrediencií v tyčinke, je zdrojom kyseliny alfa-linolénovej (Nitrayová et al., 2014), ktorá prispieva k udržaniu normálnej hladiny cholesterolu v krvi (Nariadenie Komisie EÚ, 2012).

Pri vývoji tyčinky s mrkvou, kurkumou a horčikom sme ako adaptogén použili kurkumu pravú (*Curcuma longa L.*). Kurkuma má v organizme silné antioxidačné účinky, pôsobí protizápalovo, antivirálne, protiplesňovo a antibakteriálne, posilňuje imunitu, pôsobí preventívne proti nádorovým ochoreniam, má potenciál liečiť mnohé formy zhubných nádorov a zlepšuje trávenie (Verma et al., 2018). Pozitívny vplyv kurkumy v tyčinke zvyšuje čierne korenie (*Piper nigrum*). Čierne korenie je donorom piperínu, ktorý zosilňuje účinok kurkumy v organizme (Sehgal et al., 2012). Pridaný horčík prispieva k zníženiu vyčerpania a únavy, k správnej funkcii psychiky a k správne fungovaniu nervového systému (Nariadenie Komisie EÚ, 2012). Tyčinka je zložená celkovo z ôsmich surovín.

Vegan proteín cícer v horkej čokoláde s malinovou príchuťou a Vegan proteín bôb v horkej čokoláde s príchuťou latte macchiato predstavujú inovatívne sladké strukovinové snacky vyrobené technológiou dražovania, počas ktorého sa na pufovanú strukovinu (cícer alebo bôb) v dražovacom zariadení postupne v tenkých vrstvách nanáša horká čokoláda až do dosiahnutia požadovaného tvaru finálneho produktu. Ako bielkovinový zdroj boli použité strukoviny, ktoré patria medzi významné rastlinné zdroje bielkovín (Hertzler et al., 2020). Vyvinuté produkty majú vysoký obsah vlákniny, sú bezgluténové a neobsahujú palmový tuk, ale obsahujú vitamíny E, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, niacín, B<sub>6</sub>, kyselinu listovú, biotín, kyselinu pantotenovú a vitamín B<sub>12</sub>. Pridaný vitamín B<sub>12</sub> vhodne dopĺňa vo vegánskom stravovaní deficitný vitamín B<sub>12</sub>, ktorého nedostatok vyplýva z odmietania konzumácie potravín živočíšneho pôvodu touto špecifickou skupinou konzumentov (Niklewicz et al., 2023). Vitamín B<sub>12</sub> prispieva k správnej látkovej premene dôležitej pre tvorbu energie, k správne fungovaniu imunitného systému a k zníženiu vyčerpania a únavy (Nariadenie Komisie EÚ, 2012). Produkty nie sú vhodné len pre vegánov, ale aj pre ľudí s intoleranciou na mlieko a lepok a samozrejme aj pre bežného spotrebiteľa.

Vegan protein naklíčený snack obsahuje až 80% naklíčených strukovín (šošovica, hrach, cicer) doplnených tekvicovými semienkami a mandľami. Hlavným zdrojom rastlinných bielkovín v produkte sú strukoviny v naklíčenej a dehydratovanej forme. Tento slaný snack predstavuje zdravú alternatívu na trhu dostupných chipsov v porovnaní, s ktorými má nízky obsah tuku a nasýtených mastných kyselín, vysoký obsah bielkovín, vlákniny, je bez konzervantov, farbív a palmového tuku. Produkt je vhodný pre každého konzumenta, ale aj pre vegánov, celiatikov a ľudí s intoleranciou na bežné alergény (okrem mandlí). Všetky tri vegánske produkty sú medzinárodne certifikované kanadskou certifikačnou spoločnosťou, ktorá im pridela vegánsky certifikát Vegecert.

Produkty vyvinuté v rámci Keto línie sú rozdelené na dva typy: 1) tyčinky, 2) sypané müsli a sú predovšetkým určené konzumentom stravujúcim sa týmto spôsobom. Ketogénna diéta, za nekaloricky obmedzených podmienok, vedie k zníženiu telesného tuku a telesnej hmotnosti (Johnstone et al., 2008). Počas obdobia, kedy sa ľudia stravujú podľa ketogénnej diéty, dochádza k zvyšovaniu cirkulujúcich ketónov v organizme za vzniku javu nazývaného ketóza. Tento jav vzniká buď pri úplnom hladovaní alebo ako dôsledok výrazného zníženia príjmu sacharidov v diéte, ktoré tvoria max. 10% z celkového energetického príjmu, zatiaľ čo diétny príjem bielkovín je na úrovni 1,2-1,5 g/kg telesnej hmotnosti a príjem diétnych tukov tvorí až 60% z celkového energetického príjmu (Aragon et al., 2017). Ketóza je relatívne neškodný stav, ktorý nemožno zamieňať s ketoacidózou, čo je patologický stav pozorovaný pri ochorení diabetes typu 1 (Clifton et al., 2014).

Vyvinuté keto tyčinky obsahujú 24% bielkovín, sú bez lepku, farbív a konzervantov, majú vysoký obsah vlákniny a nízky obsah nasýtených mastných kyselín v súlade s Nariadením Európskeho Parlamentu a Rady o výživových a zdravotných tvrdeniach o potravinách.

Keto müsli obsahujú až 32% bielkovín rastlinného pôvodu, sú obohatené mletým ľanovým semenom - zdrojom kyseliny alfa-linolénovej (Nitrayová et al., 2014), ktorá prispieva k udržaniu normálnej hladiny cholesterolu v krvi (Nariadenie Komisie EÚ, 2012), čo znižuje riziko srdcovocievnych ochorení. V procese vývoja keto müsli sme vytvorili nový technologický postup rovnomernej aplikácie malých množstiev práškových ingrediencií do rôznorodých zmesí ostatných surovín, ktorý je v súčasnosti predmetom registrácie práv duševného vlastníctva ako úžitkový vzor.

Oba typy keto produktov sú obohatené probiotickými kmeňmi baktérií: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus thermophilus*. Tieto probiotické kmene sú do produktov pridávané v enkapsulovanej forme, ktorá ich chráni pred nepriaznivými vplyvmi prostredia tráviaceho traktu a zabezpečí, že probiotické kmene sa

dostanú až do čreva neporušené, kde sa prejaví ich pozitívny účinok. Ten je navyše podporovaný aj vysokým obsahom vlákniny ako prebiotickéj zložky nových keto produktov. V rámci diseminačnej činnosti boli vyvinuté produkty odprezentované na medzinárodných potravinárskych výstavách v zahraničí, kde vegan protein a keto rada boli ocenené ako inovatívne produkty. Sada vegan protein bola ocenená aj Potravinárskou komorou Slovenska v kategórii Inovatívny výrobok.

## **Záver**

Počas riešenia projektu sme vyvinuli celkovo 9 funkčných potravín s obsahom rôznych donorov funkčných zložiek a pozitívnymi vplyvmi na organizmus. Novo vyvinuté produkty majú potvrdené a povolené špecifické zdravotné tvrdenia podľa platnej legislatívy EÚ. Vytvorená rada receptúr inovatívnych funkčných výrobkov s pridanou hodnotou prináša nové alternatívy v ponuke funkčných potravín najmä pre oblasť rôznych dietetických variant stravy a zdravej výživy.

## **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

Ahmad, A., Ahmed, Z. 2019. Fortification in Beverages. In Grumezescu, A., Holban, A. M. Production and Management of Beverages, pp. 85-122. ISBN 978-0-12-815260-7.

Akesowan, A. 2016. Influence of konjac flour on foaming properties of milk protein concentrate and quality characteristics of gluten-free cookie. *International Journal of Food Science & Technology* 51(7): 1560-1569.

Akman, P. K., Uysal E., Ozkaya, G. U., Tornuk, F., Durak, M. Z. 2019. Development of probiotic carrier dried apples for consumption as snack food with the impregnation of *Lactobacillus paracasei*. *LWT – Food Science and Technology* 103: 60-68.

Akubor, P. I. 2003. Functional properties and performance of cowpea/plantain/wheat flour blends in biscuits. *Plant Foods for Human Nutrition* 58: 1-8.

Akusu, O. M., Wordu, G. O., Obiesie, C. 2018. Spreadability, Acceptability and Compositional Properties of Table Spreads Produced from African Pear (*Dacryodes edulis*) Pulp. *Asian Food Science Journal* 3(3): 1-8.

Amin, T., Bashir, A., Dar, B. N., Haik. H. R. 2016. Development of high protein and sugar-free cookies fortified with pea (*Pisum sativum* L.) flour, soya bean (*Glycine max* L.) flour and oat (*Avena sativa* L.) flakes. *International Food Research Journal* 23(1): 72.

AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed. 1990. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R. et al. 2017. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *J Int Soc Sports Nutr.* 14: 16.

Arraibi, A. A., Liberal Dias, M. I., Alves, M. J., Ferreira, I. C., Barros, L., Barreira, J. 2021. Chemical and bioactive characterization of Spanish and Belgian apple pomace for its potential use as a novel dermocosmetic formulation. *Foods* 10: 1949.

Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. 2003. Comparison of the total phenolics and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 51: 1237–1241.

Awad, W.A.; Ghareeb, K.; Böhm, J. 2010. Effect of addition of a probiotic micro-organism to broiler diet on intestinal mucosal architecture and electrophysiological parameters: Addition of probiotic micro-organism to broiler diet. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94: 486–494.

Babu, B. V., Chaurasia, A. S. 2002. Modeling & simulation of pyrolysis: effect of convective heat transfer & orders of reactions, *Int. Symp. 55th Annu. Sess. IChE:* 105–106.



- Barglowicz, J., Slowik, T., Zajac, G., Blicharzkania, A., Zdybel, B., Andrejko, D., Obidziński, S. 2021. Energy Parameters of Miscanthus Biomass Pellets Supplemented with Copra Meal in Terms of Energy Consumption during the Pressure Agg. *Proc. Energ* 14(14): 16 p.
- Basaga, H., Tekkaya, C., & Acikel, F. 1997. Antioxidative and free radical scavenging properties of rosemary extract. *Lebensmittle– Wissenschaft. Und Technologie*. 30: 105–108.
- Baxa, S., Blažková, M., Kiss, E., Kunštek, M., Panghyová, E. 2023. Ovseno-ovocný nápoj. Úžitkový vzor č. 9714. Dátum zápisu 20.2.2023. *Vestník Úradu priemyselného vlastníctva SR*.
- Belinska, S., Bielik, P. 2021. Comparative analysis of food security in Ukraine and Slovakia. *Agrarna polityka Ukrainy v umovach globalnych vyklykiv*. 15-18.
- Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Marin, F. R., Ortuno, A., & Del Rio, J. A. 1997. Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 4505–4515.
- Benediková, D., Benková, M., Zetochová, E., Čičová, I. 2016. Zdravé recepty zo strukovín. *NPPC*: 1-4.
- Bhatia, L., Jha, H., Sarkar, T., Sarangi, P. K. 2023. Food waste utilization for reducing carbon footprints towards sustainable and cleaner environment: a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 20(3): 2318.
- Bhushan, S., Kalia, K., Sharma, M., Singh, B., Ahuja, P. S. 2008. Processing of apple pomace for bioactive molecules. *Crit. Rev. Biotechnol* 28: 285-296.
- Blanda, G., Rodriguez-Roque, M. J., Comandini, P., Flores-Cordova, M. A., Salas-Salazar, N. A., Oscar, C. A., Soto-Caballero, M. C. 2020. Phenolic profile and physicochemical characterization of quince (*Cydonia oblonga* Mill) fruits at different maturity index. In *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* [online], 48(4): 2306-2315 [cit. 223-03-10]. Dostupné na [www](http://www.10.15835/48412108): 10.15835/48412108
- Blažková, M., Turisová, I. 2022: Využitie proteínov z repky olejnej. *Trendy v potravinárstve*. 27(1): 47-48.
- Body, P., Greif, G., Greifová, G., Sliacká, M., Greifová, M. 2021. Effects of cultivation media and NaCl concentration on the growth kinetics and biogenic amine production of *Lactobacillus reuteri*. *Czech J. Food Sci*. 39: 9–16.
- Bohm, B. A. 1998. Introduction to flavonoids. Amsterdam: Harwood Academic Publishers.
- Bocco, A., Cuvelier, M.-E., Richard, H., & Berset, C. (1998). Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 2123–2129.
- Boudjou, S., Oomah, B.D., Zaidi, F., Hosseinian, F. 2013. Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. *Food Chem*. 138: 1543-1550

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 28(1): 214 – 222.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*. 56: 317–333.
- Brite, L. T. G. F., Ortolan, F., Wesley, S. D., Bueno, F. R., De Souza Rocha, T., Chang, Y. K., Steel, C. 2018. Gluten-free cookies elaborated with buckwheat flour, millet flour and chia seeds. *Food Science and Technology*. 39: 458-466.
- Bryngelsson, S., Mannerstedt-Fogelfors, B., Kamal-Eldin, A., Andersson, R., & Dimberg, L. H. 2002. Lipids and antioxidants in groats and hulls of Swedish oats (*Avena sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 606–614.
- Butnariu, M., Sarac, I. 2019. Functional Food. *International Journal of Nutrition*. 3(3): 7-16.
- Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., Figiel, A. 2020. Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. *Foods*. 9:1261.
- Candrawinata, V. I., Golding, J. B., Roach, P. D., Stathopoulos, C. E. 2013. From apple to juice-The fate of polyphenolic compounds. *Food Reviews International*. 29(3): 276-293.
- Cargnin, S. T., Gnoatto, S. B. 2017. Ursolic acid from apple pomace and traditional plants: A valuable triterpenoid with functional properties. *Food Chem*. 220: 477-489.
- Casewell, M., Friis, C., Marco, E., McMullin, P., Phillips, I. 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J. Antimicrob. Chemother*. 52: 159–161.
- Ceryova, D., Belinska, S., Turcekova, N., Adamickova, I., Bielik, P. 2021. Evaluation of development and efficiency of renewable energy sources in Nordic countries of the Europe-an Union. 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings.
- Ciesarová, Z., Jelemenská, V., Kukurová, K. 2022. Spôsob výroby ovocných a/alebo zeleninových preparátov so zníženým potenciálom tvorby akrylamidu. Úžitkový vzor č. 9572. Dátum zápisu 1.8.2022. *Vestník Úradu priemyselného vlastníctva SR*.
- Ciesarová, Z., Kukurová, K., Bednáríková, A., Morales, F.J. 2009. Effect of heat treatment and dough formulation on the formation of Maillard reaction products in fine bakery products - benefits and weak points. *J Food Nutr Res*. 48: 20-30.
- Ciesarová, Z., Kukurová, K., Horváthová, J., Jelemenská, V., Kunšek, M., Baxa, S. 2022. Inovatívne riešenie prevencie vzniku akrylamidu v ovocí a zelenine pomocou asparaginázy. *Trendy v potravinárstve*. 27(1): 35-36.

Ciesarová, Z., Kukurová, K., Jelemsnká, V. 2020. Okara ako perspektívny zdroj vlákniny v pekárskech produktoch. *Trendy v potravinárstve*. 25(1): 12-14.

Clifford, M. N. 2004. Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. *Planta Medica*. 70: 1103–1114.

Clifton, P., Condo, D., Keogh, J. 2014. Long term weight maintenance after advice to consume low carbohydrate, higher protein diets—a systematic review and meta analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 24(3): 224–235.

Cui, Y., Lissillour, R., Chebeň, J., Lančarič, D., Duan, C. 2022. The position of financial prudence, social influence, and environmental satisfaction in the sustainable consumption behavioural model: < intergenerational investigation during the COVID-19 pandemic. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 29(4): 996–1020.

Cui S., Hu M., Sun Y., Mao B., Zhang Q., Zhao J., Tang X., Zhang, H. 2023. Effect of Trehalose and Lactose Treatments on the Freeze-Drying Resistance of Lactic Acid Bacteria in High-Density Culture. *Microorganisms*. 11(1): 48

Curutchet, A., Trias, J., Tárrega, A., Arcia, P. 2021. Consumer Response to Cake with Apple Pomace as a Sustainable Source of Fibre. *Foods* 10: 499

Čalkovská, Andrea et al. 2017. *Fyziológia človeka pre nelekárske študijné programy*. 2. vyd. Martin : Osveta. pp. 220. ISBN 978-80-8063-455-1.

Dahiya, D., Nigam, P. S.: Dahiya, D., & Nigam, P. S. 2022. Nutrition and health through the use of probiotic strains in fermentation to produce non-dairy functional beverage products supporting gut microbiota. *Foods*. 11(18): 2760.

Dasgupta, A., Klein, K. 2014. Chapter 2 - Methods for Measuring Oxidative Stress in the Laboratory. In *Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements* [online], pp. 19-40. [citované 2023-01-25]. ISBN 978-0-12-405872-9.

De la Bastida, A. R., Peiroten, Á., Langa, S., Curiel, J. A., Arqués, J. L., Landte, J. M. 2022. Effect of storage and heat treatment on the levels of bioactive flavonoids produced in fermented soy beverages. *LWT*. 154: 112872.

Dey, G., Sachan, A., Ghosh, S., & Mitra, A. 2003. Detection of major phenolic acids from dried mesocarpic husk of mature coconut by thin layer chromatography. *Industrial Crops and Products*. 18: 171–176.

Dhanik, J., Arya, N., Nand, V. 2017. A review on zingiber officinale. *J Pharmacogn Phytochem*. 6(3): 174-184.

Dicks, L., Botes, M. 2010. Probiotic lactic acid bacteria in the gastro-intestinal tract: health benefits, safety and mode of action. *Beneficial Microbes*. 1: 11-29.

Dufresne, C., & Farnworth, E. 2000. Tea, kombucha, and health: a review. *Food Research International*. 33: 409–421.

Duta, D. E., Culetu, A. 2015. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering*. 162: 1-8.

EEA, 2020. Bio-waste in Europe — turning challenges into opportunities, EEA Report No 4/2020, European Environment Agency.

El- Sayed, S., Youssef, A. M. 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon* 5(6): e01989.

FAO/WHO. 2006. Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria; Dostupné online: <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf>.

Farajzadeh, Z., Shakerian, A., Rahimi, E., Bagheri, M. 2020. Chemical, Antioxidant, Total Phenolic and Flavonoid Components and Antimicrobial Effects of Different Species of Quinoa Seeds. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*. 51: 43-54.

Farkasová, S., Droppa, M., Žiarovská, J. 2023. Variability of amplified profiles generated by BBAP in *Avena sativa* L. *J Microbiol Biotech Food Sci*. 12 (5): e9545.

Feás, Xesús et al. 2012. Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. In *Molecules* [online], 17(7): pp. 8359-8377 [cit. 2022-01-23]. ISSN: 1420-3049. Dostupné na: <<https://doi.org/10.3390/molecules17078359>>.

Fejér, J., Kron, I., Eliašová, A., Grul'ová, D., Gajdošová, A., Lancíková, V., Hricová, A. 2021. New Mutant Amaranth Varieties as a Potential Source of Biologically Active Substances. *Antioxidants*. 10: 1705.

Fowoyo, P. T., Ogunbanwo, S. T., Popoola, O. O., Adeniji, P. O. 2022. Development of non-dairy symbiotic fruit beverage using *Adansonia digitata* (baobab) fruit pulp as prebiotic. *Fermentation*. 8: 673.

Frankel, E. N., Huang, S.-W., Prior, E., & Aeschbach, R. 1996. Evaluation of antioxidant activity of rosemary extracts, carnosol and carnosic acid in bulk vegetable oils and fish oils and their emulsions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 72: 201–208.

Gajdošová, A., Libiaková, G., Fejér, J. 2007. Improvement of selected *Amaranthus* cultivars by means of mutation induction and biotechnological approaches. In *Breeding of Neglected and Under-Utilized Crops, Spices and Herbs*; Science Publishers: Enfield, NH, USA, 2007; pp. 151–169.

- Gardner, P. T., White, T. A. C., McPhail, D. B., & Duthie, G. G. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*. 68: 471–474.
- Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L., Gallo, A. 2018. Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics. *Food chemistry*. 239: 679-687.
- Gorinstein, S., Marti'n-Belloso, O., Park, Y.-S., Haruenkit, R., Lojek, A., Cí'z, M., et al. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*. 74: 309–315.
- Gorinstein, S., Zemser, M., Fliess, A., Shnitman, I., Paredes-Lopez, O., Yamamoto, K. et al. 1998. Computational analysis of the amino acid residue sequences of amaranth and some proteins. *Biosci. Biotechnol. and Biochem.* 62 (10): 1845–1851.
- Gospin, R., Leu, J. P., Zonszein, J., 2017. Criteria and Classification of Diabetes. In *Principles of Diabetes Mellitus*. Cham: Springer International Publishing, pp. 123-138. ISBN 978-3-319-18740-2.
- Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., Putnik, P. 2020. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing and Safety. *Annu Rev Food Sci Technol*. 11: 93-118.
- Grisham, J. W., Nagy, P., Thorheirsson, S. S. 2020. Organizational Principles of the Liver. In *The Liver: Biology and Pathobiology*. s.l.: Wiley-Blackwell, pp. 3-14. ISBN 978-1119436829.
- Hakkinen, S. H., Karenlampi, S. O., Mykkanen, H. M., & Torronen, A. R. 2000. Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 2960–2965.
- Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Huang, F., Liu, L. 2019. Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 83(11): 2128-2139.
- Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., Allgeier, C. 2020. Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*. 30(12): 3704.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., Sanders, M. E. 2014. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 11(8): 506-14.

Holst, B., Glenting, J., Holmstrøm, K., Israelsen, H., Vrang, A., Antonsson, M., Ahrné, S., Madsen, S. M. 2019. Molecular Switch Controlling Expression of the Mannose-Specific Adhesin, Msa, in *Lactobacillus plantarum*. *Appl Environ Microbiol.* 85(10): e02954-18.

Hooda, S., Jood, S. 2005. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour. *Food chemistry* 90(3): 427-435.

Horská, E., Predanócyová, K., Šedík, P., Grunert, K. G., Hupková, D. 2022. Consumer perception of functional foods and determinants of functional foods consumption in the Slovak Republic. *British Food Journal.* 125(7): 2478–2492.

Hricová, A., Fejér, J., Libiaková, G., Szabóová, M., Gažo, J., Gajdošová, A. 2016. Characterization of phenotypic and nutritional properties of valuable *Amaranthus cruentus* L. mutants. *Turk. J. Agric. For.* 40: 761–771.

Hricová, A., Lancíková, V., Hunková, J., Boszorádová, E., Gajdošová, A. 2022. The examination of radiation-derived amaranth variety ‘Pribina’ (*Amaranthus cruentus* L.) as potential cadmium and lead-accumulating variety. In 10th Jubilee International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2022) : book of abstracts, pp. 54. ISBN 978-86-901150-4-4.

Hricová, A., Mistríková, V., Gajdošová, A., Fejér, J., Nôžková, J., Kariluoto, S., Gažo, J., Szabóová, M. 2021. Comparative Analysis Reveals Changes in Some Seed Properties in Amaranth Mutant Variety ‘Zobor’ (*A. hypochondriacus* × *A. hybridus*). *Agronomy.* 11: 2565.

Hromadová, Z., Mikolášová, L., Balážová, Ž., Vivodík, M., Chňapek, M., Gálová, Z. Genetic diversity analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using SCoT polymorphism. *J Microbiol Biotech Food Sci.* 2022(12): e5919.

Huang, H. et al. 2017. Protective effect of *Schisandra chinensis* bee pollen extract on liver and kidney injury induced by cisplatin in rats. In *Biomedicine & Pharmacotherapy* [online], vol. 95, pp. 1765-1776 [cit. 2021-12-07]. ISSN 0753-3322. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.083>>.

Hudák, M., Semjon, B., Marcinčáková, D., Bujňák, L., Naď, P., Koréneková, B., Nagy, J., Bartkovský, M., Marcinčák, S. 2021. Effect of Broilers Chicken Diet Supplementation with Natural and Acidified Humic Substances on Quality of Produced Breast Meat. *Animals (Basel).* 11(4): 1087.

Hudecová, K., Rajčániová, M. 2022. The impact of the Covid-19 pandemic determinants on selected agricultural commodity prices. *International Scientific Days 2022. Efficient, Sustainable and Resilient Agriculture and Food Systems – The Interface of Science, Politics and Practice.* 420-430.

Hůlek, P. et al. 2018. *Hepatologie.* 3. vyd. Praha: Grada Publishing. pp. 738. ISBN 978-80-271-0394-2.

Humacportal. Certifikát o voľnom predaji. [cit. 1. 5. 2023]. Dostupné na: <https://humacportal.eu/certificate/humac-natur-afm-pufer/>

Hyman, M., Bradley, E. 2022. Food, Medicine, and Function: Food is Medicine Part 2. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 33(3): 571-586.

Chandasekara, A., Shahidi, F. 2018. Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction - A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 8: 451-458.

Chang, S., Tan, C., Frankel, E. N., & Barrett, D. M. 2000. Lowdensity lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 48: 147–151.

Chauhan, A., Saxena, D. C., Singh, S. 2016. Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food & Agriculture* 2(1).

Chňapek, M., Rajnincová, D., Balážová, Ž., Ražná, K., Vivodík, M., Drábeková, J., Hromadová, Z., Mikolášová, L., Gálová, Z. 2022. Detection of Celiac Active Polypeptides in Wheat, Oat and Buckwheat Using Immunochemical Methods. *Biol. Life Sci. Forum.* 11: 27.

Chu, Y.-F., Sun, J., Wu, X., & Liu, R. H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 50: 6910–6916.

Jadhav, K., Katoch, S., Sharma, V.K., Mane, B.G. 2015. Probiotics in Broiler Poultry Feeds: A Review. *J. Anim. Nutr. Physiol.* 1: 4–16.

Jang, Y. J., Kim, W. K., Han, D. H, Lee, K., Ko, G. 2019. *Lactobacillus fermentum* species ameliorate dextran sulfate sodium-induced colitis by regulating the immune response and altering gut microbiota. *Gut Microbes.* 10(6): 696-711.

Janiček, F., Daruľa, I., Gaduš, J., et al., 2009. Renewable energy sources 1: Technologies for a sustainable future, Pezinok - Renesans, 2009. pp. 174. ISBN 978-80-89402-05-2.

Janotková, L., Potočňáková, M., Kreps, F., Krepsová, Z., Ácsová, A., Ház, A., Jablonský, M., 2021. Effect of sea buckthorn biomass on oxidation stability and sensory attractiveness of cereal biscuits. *BioRes.* 16: 5097–5105.

Jeske, S., Zannini, E., Arendt, E. K. 2018. Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International.* 2018(110): 42-51.

Jha, R., Das, R., Oak, S., Mishra, P. 2020. Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review. *Animals.* 10: 1863.

Jnawali, P., Kumar, V., Tanwar, B. 2016. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness* 5(4): 169-176.

Johnstone, A., Horgan, G., Murison, S., Bremner, D., Lobley, G. 2008. Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding *ad libitum*. *Am J Clin Nutr.* 87 (1): 44–55.

Joshi, D.C., Sood, S., Hosahatti, R., Kant, L., Pattanayak, A., Kumar, A., Yadav, D., Stetter, M.G. 2018. From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding. *Theor. Appl. Genet.* 13: 1807–1823.

Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe, W., Lewandowski, W. 2014. Apples: Content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry* 84: 169-188.

Karaoglu, M. 2004. Effect of supplemental humate at different levels on the growth performance, slaughter and carcass traits of broilers. *International Journal of Poultry Science.* 3(6): 406-410.

Karjalainen, R., Anttonen, M., Saviranta, N., Stewart, D., McDougall, G.J., Hilz, H., Mattila, P., Törrönen, R. 2009. A review on bioactive compounds in black currants (*Ribes nigrum* L.) and their potential health-promoting properties. *Acta Hort.* 839: 301-307.

Kaur, I., Tanwar, B., Reddy, M., Chauhan, A. 2016. Vitamin C, total polyphenols and antioxidant activity in raw, domestically processed and industrially processed Indian *Chenopodium quinoa* seeds. *Journal of Applied Pharmaceutical Science.* 6(4): 139-145.

Kečkešová, M., Gálová, Z., Hricová, A. 2012. Changes of protein profiles in amaranth mutant lines. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 1: 1129–1135.

Khamar, R.P., Jasrai, Y.T. 2014. Nutraceutical profile of selected oils, distillates and butters. *Asian J. Exp. Sci.* 28: 37–41.

Kim, D. G., Lyu, J. I., Lee, M. K., Kim, J. M., Hung, N. N., Hong, M. J., Kim, J. B., Bae, C. H., Kwon, S.-J. 2020. Construction of soybean mutant diversity pool (MDP) lines and an analysis of their genetic relationships and associations using TRAP markers. *Agronomy.* 10: 253.

Kirse-Ozolina, A., Karklina, D., Muizniece-Brasava, S. 2016. Consumer acceptance of new pulse spreads before and after sous vide treatment. *International Scientific Publications: Agriculture & Food.* 4: 104-114.

Klongová, L., Kováčik, A., Urbanová, L., Kysel', M., Ivanišová, E., Žiarovská, J. 2021. Utilization of specific primers in legume allergens based polymorphism screening. *Sci Technol Innov.* 13(2).



Kocabagli, N., Alp, M., Acar, N., Kahraman, R. 2002. The effects of dietary humate supplementation on broiler growth and carcass yield. *Poultry science*. 81: 227 – 230.

Kohajdová, Z., Holkovičová, T., Minarovičová, L., Lauková, M., Hojerová, J., Greif, G., Ťažká, D., 2023. Potential of quinoa for production of new non-dairy beverages with reduced glycemic index. *J microb biotech food sci*. e9885.

Kolarič, L., Kántorová, P., Šimko, P., 2022.  $\beta$ -Cyclodextrin as the Key Issue in Production of Acceptable Low-Cholesterol Dairy Products. *Molecules*. 27: 2919.

Kolarič, L., Šimko, P., 2022a. Application of  $\beta$ -cyclodextrin in the production of low-cholesterol milk and dairy products. *Trends in Food Science & Technology*. 119: 13–22.

Kolarič, L., Šimko, P., 2022b. Effect of processing conditions on measure of cholesterol removal from milk and cream. *Monatsh Chem*. 153: 1069–1075.

Kovár, M., Navrátilová, A., Kolláthová, R., Trakovická, A., Požgajová, M. 2022. Acrylamide-Derived Ionome, Metabolic, and Cell Cycle Alterations Are Alleviated by Ascorbic Acid in the Fission Yeast. *Molecules*. 27(13): 4307.

Kraujalis, P. K., Venskutonis, P. R. 2013. Supercritical carbon dioxide extraction of squalene and tocopherols from amaranth and assessment of extracts antioxidant activity. *J. Supercrit. Fluids* 80: 78–85.

Kreps, F., Dubaj, T., Krepsová, Z., 2021a. Accelerated oxidation method and simple kinetic model for predicting thermooxidative stability of edible oils under storage conditions. *Food Packaging and Shelf Life*. 29: 100739.

Kreps, F., Tobolková, B., Ciesarová, Z., Potočnáková, M., Janotková, L., Schubertová, S., Ház, A., Schmidt, Š., Jablonský, M. 2021b. Total content of polyphenols, flavonoids, rutin, and antioxidant activity of sea buckthorn juice. *BioRes*. 16: 4743–4751.

Küçükgöz, K., Trzaskowska, M. 2022. Nondairy probiotic products: functional foods that require more attention. *Nutrients*. 2022(14): 753.

Kučka, M., Ražná, K., Harenčár, Ľ., Kolarovičová, T. 2022. Plant seed mucilage-great potential for sticky matter. *Nutraceuticals*. 2(4): 253-269.

Kukula, M., Kolarič, L., Šimko, P., 2020. Decrease of cholesterol content in milk by sorption onto  $\beta$ -cyclodextrin crosslinked with tartaric acid; considerations and implications. *Acta Chimica Slovaca*. 13: 55–60.

Kukurová, K., Rerková, L., Belovic, M., Perovic, L., Torbica, A., Ciesarová, Z. 2023. The impact of asparaginase on textural properties of wholegrain cereal biscuits enriched with sea buckthorn pomace. *J Microbiol Biotechnol Food Sci*. e9942.

Kunštek, M. 2022. Antokyány v čučoriedkách. *Trendy v potravinárstve*. 27(1): 55-56.

Kunštek, M., Skláršová, B. 2022. Komplexné spracovanie potravinárskych surovín a možné využitie vedľajších produktov i odpadov. *Trendy v potravinárstve*, 27(2): 87-89.

Kvakova, M., Bertkova, I., Stofilova, J., Savidge, T. C. 2021 Co-Encapsulated Synbiotics and Immobilized Probiotics in Human Health and Gut Microbiota Modulation. *Foods*. 10.

Kysel', M. Farkasová, S., Štefúnová, V., Zeleňáková, L., Žiarovská, J. 2022. In silico approach in the analysis of allergenic profilins and oleosins of *Amaranthus* spp. *J Hyg Engin Des*. 41: 84-89.

Lachman, J., Proňek, D., Hejtmánková, A., Pivec, V., Faitová, K. 2003. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. In *Horticultural Science (Prague)*. 30(4): 142 -147.

Lai, P. K., Roy, J. 2004. Antimicrobial and chemopreventive properties of herbs and spices. *Current Medicinal Chemistry* 11: 1451-1460.

Lancíková V., Hricová A. 2020a. Digital Absolute Gene Expression Analysis of Essential Starch-Related Genes in a Radiation Developed *Amaranthus cruentus* L. Variety in Comparison with Real-Time PCR. *Plants*. 9: 966.

Lancíková, V., Tomka, M., Žiarovská, J., Gažo, J., Hricová, A. 2020b. Morphological Responses and Gene Expression of Grain Amaranth (*Amaranthus* spp.) Growing under Cd. *Plants*. 9: 572.

Lazíková, J., Rumanovská, L. 2022. Nutrition and health claims on foods in the EU legislation. *Juridical Tribune*. 12(2).

Lebeer, S., Bron, P. A., Marco, M. L., Van Pijkeren, J. P., O'Connell Motherway, M., Hill, C., Pot, B., Roos, S., Klaenhammer, T. 2018. Identification of probiotic effector molecules: present state and future perspectives. *Curr Opin Biotechnol*. 49: 217-223.

Li, F., Asami, T., Wu, X., Tsang, E. W., Cutler, A. J. 2007. A putative hydroxysteroid dehydrogenase involved in regulating plant growth and development. *Plant Physiol*. 145: 87-97.

Lozano-Grande, M.A., Gorinstein, S., Espitia-Rangel, E., Dávila-Ortiz, G., Martínez-Ayala, A.L. 2018. Plant sources, extraction methods, and use of squalene. *Int. J. Agron*. 5: 1–13.

Lukšič, L., Árvay, J., Vollmannová, A., Tóth, T., Škrabanja, V., Trček, J., Kreft, I. 2016. Hydrothermal treatment of Tartary buckwheat grain hinders the transformation of rutin to quercetin. In *Journal of cereal science* [online], vol. 72, pp. 131 – 134 [cit. 2023-02-13]. Dostupné na www: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.009>

Lyu, F., Luiz, S. F., Azeredo, D. R. P., Cruz, A. G., Ajlouni, S., Ranadheera, C. S. 2020. Apple pomace as a functional and healthy ingredient in food products: A Review. *Processes*. 8: 319.

- Malik, A. M., Singh, A. 2022. Pseudocereals proteins- A comprehensive review on its isolation, composition and quality evaluation techniques. *Food Chemistry Advances*. 1: 100001.
- Mancebo, C. M., Rodriguez, P., Gomez, M. 2016. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT-food Science and Technology*. 67: 127-132.
- Mandic, A. I., Dilas, S. M., Četković, G. S., Čanadanović-Brunet, J. M., Tumbas, V. T. 2008. Polyphenolic composition and antioxidant activities of grape seed extract. *International Journal of Food Properties*. 11(4): 713-726.
- Martínez-Preciado, A. H., Ponce-Simental, J. A., Schorno, A. L., Contreras-Pacheco, M. L., Michel, C. R., Rivera-Ortiz, K. G., Soltero, J. F. A. 2020. Characterization of nutritional and functional properties of “Blanco Sinaloa” chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety, and study of the rheological behavior of hummus pastes. *Journal of Food Science Technology*. 57: 1856-1865.
- McFarland, L. V., Evans, C. T., Goldstein, E. J. C. 2018. Strain-Specificity and Disease-Specificity of Probiotic Efficacy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*. 5: 124.
- Mei, L., Chen, Y., Wang, J., Lu, J., Zhao, J., Zhang, H., Wang, G., Chen, W. 2022. *Lactobacillus fermentum* Stimulates Intestinal Secretion of Immunoglobulin A in an Individual-Specific Manner. *Foods*. 25. 11(9): 1229
- Mikolášová, L., Hromadová, Z., Vivodík, M., Chňapek, M., Gálová, Z., Hornyák Gregáňová, R., Balážová, Ž. 2022. Genetic variability of *Fagopyrum* sp. genotypes determined by gene-targeted markers. *J Microbiol Biotech Food Sci*. 12 (special issue): e9308.
- Mikulajová, A., Matejčková, Z., Mošovská, S., Kohajdová, Z., Valík, L., Hybenová, E., 2021. Fermented Cranberry Fortified Buckwheat Product—Phenolic Composition, Antioxidant and Microbiological Properties. *Applied Sciences*. 11: 9241. Dostupné na <https://doi.org/10.3390/app11199241>
- Minarovičová, J., Véghová, A., Kubicová, Z., Andrežál, M., Drahovská, H., Kaclíková, E. 2023. Tracing of persistent *Listeria monocytogenes* contamination in ewe’s milk farm. *Lett Appl Microbiol*. 76: 1-7.
- Mostafa, H. 2020. Lyophilized Probiotic Lactic Acid Bacteria Viability in Potato Chips and Its Impact on Oil Oxidation. *Foods*. 9(5): 586.
- Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D., Castanheira, I. 2016. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chem*. 193: 55–61.
- Musacchi, S., Serra, S. 2018. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*. 234: 409-430.

Nagi, H. P. S., Kaur, J., Dar, B. N., Sharma, S. 2012. Effect of storage period and packaging on the shelf life of cereal bran incorporated biscuits. *American Journal of Food Technology*. 7(5): 301-310.

Nariadenie (ES) č. 1831/2003 Európskeho parlamentu a Rady z 22. septembra 2003 o doplnkových látkach určených na používanie vo výžive zvierat. 2003R1831-SK-30.12.2015-006.001-1.

Nariadenie Európskeho Parlamentu a Rady. 2006. Nariadenie Európskeho Parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 z 20. decembra 2006 o výživových a zdravotných tvrdeniach o potravinách.

Nariadenie Komisie (ES) č. 2073/2005 z 15. novembra 2005, o mikrobiologických kritériách pre potraviny, *OJ L 338, 22.12.2005, 1-26*.

Nariadenie Komisie (EÚ) 2017/2158 z 20. Novembra 2017, ktorým sa stanovujú opatrenia na minimalizáciu množstiev akrylamidu a referenčné hodnoty v potravinách. *OJ L 304, 21.11.2017, 24-44*.

Nariadenie Komisie (EÚ). 2012. Nariadenie komisie EÚ č. 432/2012, zo 16. mája 2012 o povolení určitých zdravotných tvrdení o iných potravinách, ako sú tie, ktoré odkazujú na zníženie rizika ochorenia a na vývoj a zdravie detí.

Navrátilová, A., Kovár, M., Kopčecová, J., Mrázová, J., Trakovická, A., Požgajová, M. 2023. Protective effect of *Aronia melanocarpa* juice against acrylamide-induced cellular toxicity. *J Environ Sci Health, Part B*. 58(2): 139-149.

Neomániová, K., Berčík, J., Virágh, R., Paluchová, J. 2022. The use of biometrics in testing the perception of a selected indicator of the nutritional composition of food. *International Scientific Days 2022. Efficient, Sustainable and Resilient Agriculture and Food Systems – The Interface of Science, Politics and Practice*. 317-325.

Nicoletti, M. 2012. Nutraceuticals and botanicals: overview and perspectives. *Int J Food Sci Nutr*. 63(1): 2-6.

Niklewicz, A., Smith, A. D., Smith, A. et. al. 2023. The importance of vitamin B12 for individuals choosing plant-based diets. *Eur J Nutr*. 62: 1551–1559.

Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., Sirotkin A. 2014. Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica L.*) and flax (*Linum usitatissimum L.*) seed. *Potr S J F Sci*. 8 (1): 72–76.

Omolola, A. O., Jideani, A. I. O., Kapila, P. F. 2017. Quality properties of fruits as affected by drying operation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(1): 95-108.

Oyenihi, A. B., Belay, Z. A., Mditshwa, A., Caleb, O. J. 2022. “An apple a day keeps the doctor away“: The potentials of apple bioactive constituents for chronic disease prevention. *Journal of Food Science*. 87(6): 2291-2309.

- Paciulli, M., Rinaldi, M., Cavazza, A., Ganino, T., Rodolfi, M., Chiancone, B., Chiavaro, E. 2018. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. *LWT*. 98: 451-457.
- Pal, R. S., Pal, Y., Wal, A., Wal, P. 2020. Herbal detoxifiers: An eminent need of today. *Current Nutrition & Food Science*. 16(4): 424-432.
- Panghal, A., Janghu, S., Virkar, K., Gat, Y., Kumar, V., Chhikara, N. 2018. Potential non-dairy probiotic products—A healthy approach. *Food Bioscience*. 21: 80-89.
- Panosian, A., Wikman, G., Wagner, H. 1999. Plant adaptogens III. Earlier and more recent aspects and concepts on their mode of action. *Phytomedicine*. 6: 287–300.
- Park, Y. J., Nemoto, K., Nishikawa, T., Matsushima, K., Minami, M., Kawase, M. 2011. Genetic diversity and expression analysis of granule bound starch synthase I gene in the new world grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *J. Cereal Sci.* 53: 298–305.
- Park, Y. J., Nishikawa, T. 2012a. Characterization and expression analysis of the starch synthase gene family in grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Genes Genet. Syst.* 87: 281–289.
- Park, Y. J., Nishikawa, T., Matsushima, K., Minami, M., Tomooka, N., Nemoto, K. 2014a. Molecular characterization and genetic diversity of the starch branching enzyme (SBE) gene from *Amaranthus*. *Mol. Breed.* 34: 1975–1985.
- Park, Y. J., Nishikawa, T., Tomooka, N., Nemoto, K. 2012b. Molecular cloning and expression analysis of a gene encoding soluble starch synthase I from grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Mol. Breed.* 30: 1065–1107.
- Park, Y. J., Nishikawa, T., Tomooka, N., Nemoto, K. 2014b. Molecular characterization of an isoamylase 1-type starch debranching enzyme (DBEI) in grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Mol. Biol. Rep.* 41: 7857–7864.
- Paucean, A., Man, S., Muste, S., Pop, A. 2016. Development of gluten free cookies from rice and coconut flour blends. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Food Science and Technology*. 73: 2.
- Paunović, S. M., Mašković, P., Nikolić, M., Miletić, R. 2017. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. *Scientia Horticulturae*. 222: 69-75.
- Peterson, L.W, Artis, D. 2014. Intestinal epithelial cells: Regulators of barrier function and immune homeostasis. *Nat Rev Immunol*. 14: 141–153.
- Pickard, J. M., Zeng, M. Y., Caruso, R., Núñez, G. 2017. Gut microbiota: Role in pathogen colonization, immune responses, and inflammatory disease. *Immunol. Rev.* 279: 70–89.

Pokrivčák, J., Tóth, M. 2020. Nová SPP: Ciele, Intervencie, Alokácie, Dopady. Príprava strategického plánu novej SPP: spoločne a odborne.

Požgajová, M., Navrátilová, A., Kovár, M. 2022. Curative Potential of Substances with Bioactive Properties to Alleviate Cd Toxicity: A Review. *Int J Environ Res Publ Health*. 19(19): 12380.

Predanócyová, K., Šedík, P., Horská, E. 2022. Exploring consumer behavior and attitudes toward healthy food in Slovakia. *British Food Journal*. 125(6): 2053–2069.

Predanociová, K., Kubicová, L., Pindešová, D. 2023. Understanding gender differences in meat consumption with an emphasis on the perception of the quality and health aspect of meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 12(6): e9886.

Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K. 2005. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online], vol. 53, no. 10, pp. 4290-4302. [citované 2023- 01-14]. ISSN: 1520-5118. Dostupné na <https://doi.org/10.1021/jf0502698>.

Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Alakomi, H. L., Oksman-Caldentey, K. M. 2005. Bioactive berry compounds-novel tools against human pathogens (review). *Appl Microbiol. Biotechnol*. 67: 8-18.

Rajčániová, M., Lazorčáková, E. 2021. Stratégie pre biohospodárstvo v členských štátoch EÚ. *Ekonomika poľnohospodárstva*, 21(3): 36-50.

Ražná, K., Gálová, Z., Balážová, Ž., Chňapek, M., Harenčár, L. 2022a. MicroRNA-Based and Proteomics Fingerprinting of *Avena sativa* L. Genotypes. *Biol. Life Sci. Forum*. 11: 5.

Ražná, K., Harenčár, L., Kučka, M. 2022b. The involvement of microRNAs in plant lignan biosynthesis-current view. *Cells*. 11(14): 2151.

Ražná, K., Nôžková, J., Hodosy-Vargaová, A., Harenčár, L., Bjelková, M. 2021. Biological functions of lignans in plants. *Agriculture*. 67(4): 155-165.

Ražná, K., Vargaová, A., Kysel, M., Gálová, Z., Žiarovská, J. 2022c. Fingerprint characteristics and expression variability of miRNA based markers in wheat varieties with different susceptibility to drought. *Pak. J. Bot*. 55(1).

Rešková, Z., Véghová, A., Minarovičová, J., Andrezál, M., Burdová, A., Drahovská, H., Kaclíková, E. 2023. Molecular typing and discrimination of *Listeria monocytogenes* associated with production of food of animal origin in Slovakia. *J Food Nutr Res*, published online 3 May 2023.

Rivelli, A. R., Gherbin, P., De Maria, S., Pizza, S. 2008. Field evaluation of *Amaranthus* species for seed and biomass yields in southern Italy. *Ital. J. Agron*. 3: 225–229.

Rui, X., Hooper, S. 2022. Processing and Functional Properties of Dry Bean Flours and Fractions. In *Dry Beans and Pulses* (eds M. Siddiq and M.A. Uebersax). New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., pp. 247-275., ISBN 9781119777113.

Ruiz-López, M. A., Barrientos-Ramírez, L., García-López, P. M., Valdés-Miramontes, E. H., Zamora-Natera, J. F., Rodríguez-Macias, R., Vargas-Radillo, J. J. 2019. Nutritional and Bioactive Compounds in Mexican Lupin Beans Species: A Mini-Review. *Nutrients*. 11(8): 1785.

Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C., Hernández-Carlos, B. 2019. Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism. In *Antioxidants* [online], pp. 735-750. [citované 2023-02-12]. ISBN: 9781789239195. Dostupné na <https://doi.org/10.5772/intechopen.85270>.

Savov, R., Tkac, F., Cheben, J., Kozakova, J., Berčík, J. 2022. Impact of different FOPL systems (nutri-score vs. Nutrinform) on consumer behaviour: Case study of the Slovak Republic. *Amfiteatru Economic*. 24(61): 797.

Sehgal, A., Kumar, M., Jain, M., Dhawan, D. K. 2012. Synergistic effects of piperine and curcumin in modulating benzo(a)pyrene induced redox imbalance in mice lungs. *Toxicol Mech Methods*. 22 (1): 74-80.

Selcuk, A. R., Demiray, E., Yilmaz, Y. 2011. Antioxidant Activity of Grape Seeds Obtained from Molasses (Pekmez) and Winery Production. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*. 9(5): 39-43.

Semjon, B., Marcinčáková, D., Koréneková, B., Bartkovský, M., Nagy, J., Turek, P., Marcinčák, S. 2020. Multiple factorial analysis of physicochemical and organoleptic properties of breast and thigh meat of broilers fed a diet supplemented with humic substances. *Poultry Science*. 99(3): 1750-1760.

Serafini, M., Stanzione, A., Foddai, S. 2012. Functional foods: traditional use and European legislation. *J Food Sci Nutr*. 63(1): 7-9.

Sharma, A. 2021. A review on traditional technology and safety challenges with regard to antinutrients in legume foods. *Journal of Food Science and Technology*. 58: 2863-2883.

Schoenlechner, R., Wendner, M., Siebenhandl-Ehn, S., Berghofer, E. 2010. Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple food. *J. Cereal Sci*. 52: 475-479.

Schubertová, S., Burčová, Z., Greifová, M., Potočnáková, M., Janotková, L., Kreps, F., 2021a. Influence of sea buckthorn juice addition on the growth of microbial food cultures. *Acta Chimica Slovaca*. 14: 25–31. Dostupné na <https://doi.org/10.2478/acs-2021-0004>

Schubertová, S., Krepsová, Z., Janotková, L., Potočnáková, M., Kreps, F., 2021b. Exploitation of Sea Buckthorn Fruit for Novel Fermented Foods Production: A Review. *Processes*. 9: 749. Dostupné na <https://doi.org/10.3390/pr9050749>

Simons, C. W., Hall III, C. 2018. Consumer acceptability of gluten-free cookies containing raw cooked and germinated pinto bean flours. *Food Science & Nutrition*. 6(1): 77-84.

Skalická, M., Nad', P., Bujňák, L., Marcin, A. 2021. Impact of Dietary Humic Substances Supplementation on Selected Minerals in Muscles of Broiler Chickens. *Folia Veterinaria*. 65 (3): 51-59.

Skláršová, B., Polovka, M. 2020. Inovatívne technológie, ktoré znižujú množstvo potravinového odpadu. *Trendy v potravinárstve*. 25(2): 43-44.

Śmiałek, M., Kowalczyk, J., Koncicki, A. 2021. The Use of Probiotics in the Reduction of *Campylobacter* spp. Prevalence in Poultry. *Animals*. 11: 1355.

Spevákova, I., Urbanová, L., Kyseľ, M., Bilčíková, J., Farkasová, S., Žiarovská, J. 2021. BBAP amplification profiles of apple varieties. *Sci. Technol. Innov.* 13(2).

Spranger, I., Sun, B., Mateus, A. M., de Freitas, V., Ricardo-da-Silva, J. M. 2008. Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. *Food chemistry*. 108(2): 519-532.

Stanisavljević, D. M., Dordević, S. M., Milenković, M. T., Zlatković, B. P., Nikolova, M. T., Veličković, D. T. 2019. Wild mint (*Mentha longifolia*) extracts in the production of non-alcoholic beverages. *Progress in Nutrition*. 21(1): 202-209.

Stojanović, B. T., Mitić, S. S., Stojanović, G. S., Mitić, M. N., Kostić, D. A., Paunović, D. Đ., Arsić, B. B., Pavlović, A. N. 2017. Phenolic profiles and metal ions analyses of pulp and peel of fruits and seeds of quince (*Cydonia oblonga* Mill.). In *Food chemistry* [online], vol. 232, pp. 466-475 [cit. 2023-03-21]. Dostupné na [www: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.041](http://www.https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.041)

Stolfi, C., et al. 2022. Implication of Intestinal Barrier Dysfunction in Gut Dysbiosis and Diseases. *Biomedicines*. 10(2): 289.

Strápekova, Z., Rábek, T., Tóth, M., Holúbek, I. 2022. Income indicators of slovak farms in 2015-2019 and the implications on future CAP strategic plan in Slovakia. *Agrarian perspectives XXXI*. 286-302

Szabóová, M., Záhorský, M., Gažo, J., Geuens, J., Vermoesen, A., D'Hondt, E., Hricová, A. 2020. Differences in seed weight, amino acid, fatty acid, oil, and squalene content in  $\gamma$ -irradiation-developed and commercial amaranth varieties (*Amaranthus* spp.). *Plants*. 9: 1412.

Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Škrobot, D. 2019. Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie



formulation: effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of texture studies*. 50(2): 124-130.

Tabart, J., Franck, T., Kevers, C., Pincemail, J., Serteyn, D., Defraigne, J. O., Dommès, J. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory activities of *Ribes nigrum* extracts. *Food Chem.* 131: 1116-1122.

Tebben, L., Shen, Y., Li, Y. 2018. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science & Technology*. 81: 10-24.

Temple, N. J. 2022. A rational definition for functional foods. 2022. A perspective. *Front Nutr.* 9: 957516.

Timmerman, H. M., Veldman, A., van den Elsen, E., Rombouts, F. M., Beynen, A. C. 2006. Mortality and Growth Performance of Broilers Given Drinking Water Supplemented with Chicken-Specific Probiotics. *Poult. Sci.* 85: 1383–1388.

Townsend, F. R., Buchanan, R. A. 1967. Lactose free milk solids form. *Australian Journal of Dairy Technology*. 23: 139-143.

Urbanová, L., Žiarovská, J. 2021. Variability of DNA based amplicon profiles generated by *Bet v 1* homologous among different vegetable species. *Acta fytotech zootech.* 24: 1-6.

Valduga, T. A., Goncalves, L. I., Magri, E., Dealibera Finzer, J. R.. 2018. Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages. *Food Research International*. 92: 174-183.

Valková, V., Ďúranová, H., Ivanišová, E., Kravárová, A., Hillová, D., Gabríny, L. 2021. Influence of variety on total polyphenols content and antioxidant activity in apple fruits (*Malus domestica* Borkh.). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 5(2): 227-232.

Valková, V., Ďúranová, H., Havrlentová, M., Ivanišová, E., Mezey, J., Tóthová, Z., Gabríny, L., Kačániová, M. 2022. Selected Physico-Chemical, Nutritional, Antioxidant and Sensory Properties of Wheat Bread Supplemented with Apple Pomace Powder as a By-Product from Juice Production. *Plants*. 11(9): 1256.

Valková, V., Ďúranová, H., Štefániková, J., Miškeje, M., Tokár, M., Gabríny, L., Kowalczewski, P. L., Kačániová, M. 2020. Wheat bread with grape seeds micropowder: Impact on dough rheology and bread properties. *Applied Rheology*. 30(1): 138-150.

Véghová, A., Mínavičová, J., Drahovská, H., Kaclíková, E. 2016. Prevalence and tracing of persistent *Listeria monocytogenes* strains in meat processing facility production chain. *J Food Safety*. 37: e12315.

- Venskutonis, P. R., Kraujalis, P. 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 12: 381–412.
- Verma, R. K., Kumari, P., Maurya, R. K., Kumar, V., Verma, R. B., Singh, R. K. 2018. Medicinal properties of turmeric (*Curcuma longa L.*): A review. *Int J Chem Stud.* 6 (4): 1354-1357.
- Vivodík, M., Balážová, Ž., Chňápek, M., Hromadová, Z., Mikolášová, L., Gálová, Z. 2022. Molecular characterization and genetic diversity studie of soybean (*Glycine max L.*) cultivars using RAPD markers. *J Microbiol Biotech Food Sci.* 12: e9219.
- Vratanina, D. L., Zabik, M. E. 1978. Dietary fiber sources for baked products: bran in sugar—snap cookies. *Journal of Food Science.* 43(5): 1590-1594.
- Vyhláška MPRV SR z 15. mája 2014, č. 132/2014 Z. z. o spracovanom ovocí a zelenine, jedlých hubách, olejninách, suchých škrupinových plodoch, zemiakoch a výrobkoch z nich.
- Wallace, T. C., Murray, R., Zelman, M. K. 2016. The Nutritional Value and Health Benefits of Chickpeas and Hummus. *Nutrients.* 8(12): 766.
- Wu, Y., Li, X., Tan, F., Zhou, X., Mu, J., Zhao, X. 2021. *Lactobacillus fermentum* CQPC07 attenuates obesity, inflammation and dyslipidemia by modulating the antioxidant capacity and lipid metabolism in high-fat diet induced obese mice. *J Inflamm (Lond).* 2; 18(1): 5.
- Xu, J., Wang, W., Li, Y. 2019. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of Functional Foods.* 52: 629-639.
- Xu, J., Wang, W., Li, Y. 2019. Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of Functional Foods.* 52: 629-639.
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li, Y. 2020. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology.* 103: 200-213.
- Yildiz, G., Izli, G., Aadil, R. M. 2020. Comparison of chemical, physical, and ultrasound treatments on the shelf life of fresh-cut quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.). In *Journal of Food Processing and Preservation* [online], vol. 44, no. 3 [cit. 2023-03-20]. Dostupné na www: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14366>
- Yu, L. C. 2018. Microbiota dysbiosis and barrier dysfunction in inflammatory bowel disease and colorectal cancers: exploring a common ground hypothesis. *J Biomed Sci.* 25(1): 79.
- Zetochová, E. 2020. *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. - hubovité ochorenie cícera baranieho. In *Pôdohospodársky poradenský systém*: 1.

Zimmermann, L., Dombrowski, A., Volker, C., Wagner, M., 2020. Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition 2020, *EnvInt.* 145: 11.

Žiarovská, J., Kováčik, A., Farkasová, S., Fikselová, M., Sabo, J., Kačániová, M. 2022. Analyse of iPBS length polymorphism in selected group of *Vitis vinifera*, L. varieties. *Acta fytotech zotech.* 25(2): 122-129.

Žiarovská, J., Speváková, I., Klongová, L., Farkasová, S., Rashydov, N. 2022. Transposable elements in the revealing of polymorphism-based differences in the seeds of flax varieties grown in remediated Chernobyl area. *Plants.* 11: 19.

Žiarovská, J., Urbanová, L. 2022. Utilization of Bet v 1 homologs based amplified profile (BBAP) variability in allergenic plants fingerprinting. *Biol.* 77(2): 517-523.

Žiarovská, J., Urbanová, L., Fernández, E. C., Ražná, K., Labajová, M. 2021. Variability in expression profiles of Betulaceae spring pollen allergens in Central Europe region. *Biologia.* 76(8): 2349-2358. ISSN 0006-3088.