

# Komplexné spracovanie kávového odpadu na produkty s vyššou pridanou hodnotou

*Valentína Kafková<sup>1</sup>, Ján Janošovský<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Združenie Energy 21, Trnavská cesta, 920 41 Leopoldov, Slovensko,

<sup>2</sup>Centrum výskumu a vývoja, s.r.o., Trnavská cesta 1033/7, 920 41 Leopoldov, Slovensko

## Abstrakt

Kávový odpad vzniká pri produkcii instantnej kávy a príprave kávových nápojov, pričom sa najčastejšie s týmto odpadom nakladá jeho spaľovaním alebo skládkovaním. Téma spracovania kávového odpadu na produkty s vyššou pridanou hodnotou získava čoraz väčšiu pozornosť v kontexte udržateľnosti a obehového hospodárstva. Kávový odpad je bohatý na organické materiály, ktoré možno premeniť na bionaftu cez transesterifikáciu triglyceridov na metylestery masných kyselín. Zvyškový odpad po extrakcii oleja môže slúžiť ako prídavná látka do pôdy. Práca sa zameriava na problematiku spracovania kávového oleja produkovaného z kávového odpadu na bionaftu a produkciu prídavných látok do pôdy. Tento prístup znižuje množstvo odpadu, vytvára ekologické produkty a podporuje trvalo udržateľný rozvoj, čím prispieva k znižovaniu environmentálnej záťaže.

**Kľúčové slová:** kávový odpad, bionafta, hnojivo, prídavná látka do pôdy

## Úvod

Káva patrí medzi najobľúbenejšie nápoje na svete a jej produkcia neustále rastie. So zvýšeným dopytom po káve dochádza aj k nárastu odpadu, ktorý priemysel s kávou generuje. V súčasnosti narastá záujem o udržateľnosť a ekologické spracovanie surovín nielen z pohľadu regulačných orgánov, ale aj bánk a samotných zákazníkov, čo otvára nové možnosti aj pre zhodnotenie kávového odpadu. Kávový odpad je zdrojom cenných látok, ktoré môžu byť využité v rôznych odvetviach. Jedným z hlavných prínosov komplexného spracovania kávového odpadu je tiež znižovanie uhlíkovej stopy kávového priemyslu. Káva ako plodina vyžaduje značné množstvo zdrojov na jej pestovanie, spracovanie a prepravu. Opätovné využitie odpadu pomáha zmierniť environmentálne dopady tohto priemyslu.

Kávový odpad (SCG, z angl. spent coffee grounds) je bohatý na antioxidanty, vlákninu, tuky a dokonca aj proteíny, ktoré sú žiadané v rôznych potravinárskych a technických aplikáciách. SCG sa čoraz častejšie využíva ako surovina pri výrobe kozmetických výrobkov, ako sú peelingy alebo masky, vzhľadom na jeho abrazívne vlastnosti a obsah prírodných antioxidantov. Vývoj technológií vo fermentačných procesoch umožňuje tiež využitie SCG ako substrátu pre mikroorganizmy, čím je možné produkovať špeciálne chemikálie s vysokým trhovým potenciálom (napr. karotenoidy). Ďalšie možnosti zahŕňajú výrobu biopalív, biocharu, komponentu do bioplastov či využitie v poľnohospodárstve ako prírodné hnojivo. Práve na posúdenie vlastností posledne spomínaných produktov z SCG sa zameriava prekladaná práca.

## Produkcia kávového oleja a bionafty

Výroba bionafty z kávového oleja sa skladá z niekoľko krokového procesu, ktorý vyžaduje vysokú mieru optimalizácie pre dosiahnutie uskutočniteľného procesu v komerčnom meradle. Proces začína zberom SCG. Zdroje SCG možno hľadať v lokálnych kaviarňach, kaviarenských reťazcoch, domácnostiach, pričom za najkoncentrovanejší zdroj SCG sa považuje výroba instantnej kávy [1]. Jednotlivé zdroje sú pomerne roztrúsené, čo znamená vyššie náklady na zber SCG kvôli logistike. Navyše, potreba stabilizácie vlhkého SCG po varení kávy a zabránenia jeho kontaminácii vyžaduje dodatočné náklady alebo vyššiu frekvenciu zberu SCG.

Keďže SCG obsahuje v závislosti od spôsobu produkcie 50 – 80 % vlhkosti [2], je potrebné SCG v ďalšom kroku vysušiť. Sušenie SCG je dôležité aj pre nasledujúci krok – extrakciu kávového oleja. Vlhkosť SCG znižuje efektivitu extrakcie nepolárnym rozpúšťadlom, čo potvrdilo aj niekoľko štúdií [3-5].

Odporúča sa, aby SCG vstupujúci do extrakcie mal maximálnu vlhkosť 10 hmot. % [6]. Extrahovaný olej sa ďalej vedie do procesu úpravy oleja a produkcie bionafty.

### Kávový olej

Kvalita kávového oleja extrahovaného z SCG závisí od viacerých faktorov akými sú tzv. primárne faktory - odroda kávy, podmienky pestovania, stupeň praženia kávy, spôsob prípravy kávy/SCG – ako aj procesné parametre extrakcie kávového oleja [3,7,8]. Tieto faktory ďalej určujú potrebnú úpravu oleja pre zvýšenie kvalitatívnych ukazovateľov na požadovanú kvalitu vhodnú pre produkciu bionafty. Najdôležitejšími parametrami rastlinného oleja pre produkciu bionafty sú číslo kyslosti (poukazuje na spôsob vedenia výroby a potreby zapojenia kyslej esterifikácie do procesu výroby bionafty), obsah mikroprvkov (určuje potrebnú úpravu oleja pred transesterifikáciou), profil mastných kyselín (predurčuje kvalitu bionafty), obsah nezmydeliteľného podielu (poukazuje na kvalitu oleja, určuje potrebu úpravy oleja a zároveň môže určovať kvalitu bionafty) a obsah vody (ovplyvňuje efektivitu produkcie bionafty) [5].

Kávový olej bol extrahovaný rovnakým postupom z SCG z 1-druhovej Arabica (Brazília) a zo zmesného SCG, ktorý obsahoval neidentifikované zdroje kávy, známy však bol vyšší stupeň praženia zmesných káv v porovnaní s 1-druhovou kávou a že zmes okrem druhu Arabica obsahovala aj kávu druhu Robusta. Výsledky analýz profilu mastných kyselín a obsahu sterolov boli v týchto vzorkách olejov odlišné (Tab. 1). Kávový olej zo zmesného SCG obsahoval viac neidentifikovaných mastných kyselín (FA), čo môže poukazovať na zmeny v káve počas praženia. Pomerne odlišné bolo aj zastúpenie kyselín C16:0 (palmitová kyselina) a C18:2 (linolová kyselina), ktoré sa v literatúre uvádzajú ako najdominantnejšie mastné kyseliny. Taktiež je možné pozorovať, že olej pripravený z 1-druhu SCG má vyšší obsah fytosterolov. Rozdiely boli zaznamenané aj v konzistencii, resp. teplote topenia/tuhnutia oleja. Zatiaľ čo bol olej z 1-druhového SCG pri laboratórnej teplote tekutý, kávový olej zo zmesného SCG čiastočne stuhol.

Tabuľka 1: Kvalitatívna analýza mastných kyselín a sterolov

Kávový olej z 1-druhu kávového odpadu				Kávový olej zo zmesného kávového odpadu			
Zložka	Ret. čas (min)	Plocha	% plochy	Zložka	Ret. čas (min)	Plocha	% plochy
<b>C16:0</b>	13.427	5820181	53.20	<b>C16:0</b>	13.438	3662361	28.41
<b>C18:2</b>	14.448	371590	3.40	<b>C18:2</b>	14.458	920349	7.14
<b>9c-C18:1</b>	14.482	760059	6.95	<b>9c-C18:1</b>	14.489	530286	4.11
<b>C18:1</b>	14.522	391921	3.58	<b>C18:0</b>	14.634	486914	3.78
<b>C18:0</b>	14.628	1186978	10.85	<b>C20:0</b>	15.745	219107	1.70
<b>C18:2</b>	14.986	136847	1.25	<b>neident. FA</b>	16.4	1796811	13.94
<b>C20:0</b>	15.739	323935	2.96	<b>neident. FA</b>	16.606	3253653	25.24
<b>Steroly</b>	17.808	180746	1.65	<b>neident. FA</b>	16.763	246049	1.91
	18.369	721381	6.59	<b>neident. FA</b>	16.835	173238	1.34
	20.09	174952	1.60	<b>Steroly</b>	19.955	226892	1.76
	20.505	185310	1.69		20.097	481372	3.73
				20.504	559554	4.34	

### Kávová bionafta

Kávová bionafta sa produkovala len z kvalitnejšieho oleja, čo vykazoval práve kávový olej z jedného druhu SCG. Výsledky štúdie [5] preukázali, že kávový olej sa javí ako cenná surovina, ktorá môže prispieť k plneniu mandátov na využívanie pokročilých palív v doprave. Na základe laboratórnych experimentov, výťažnosti jednotlivých procesov pri výrobe bionafty z SCG a štatistických údajov o spotrebe kávy na Slovensku možno predpokladať ročný potenciál výroby pokročilej bionafty na úrovni

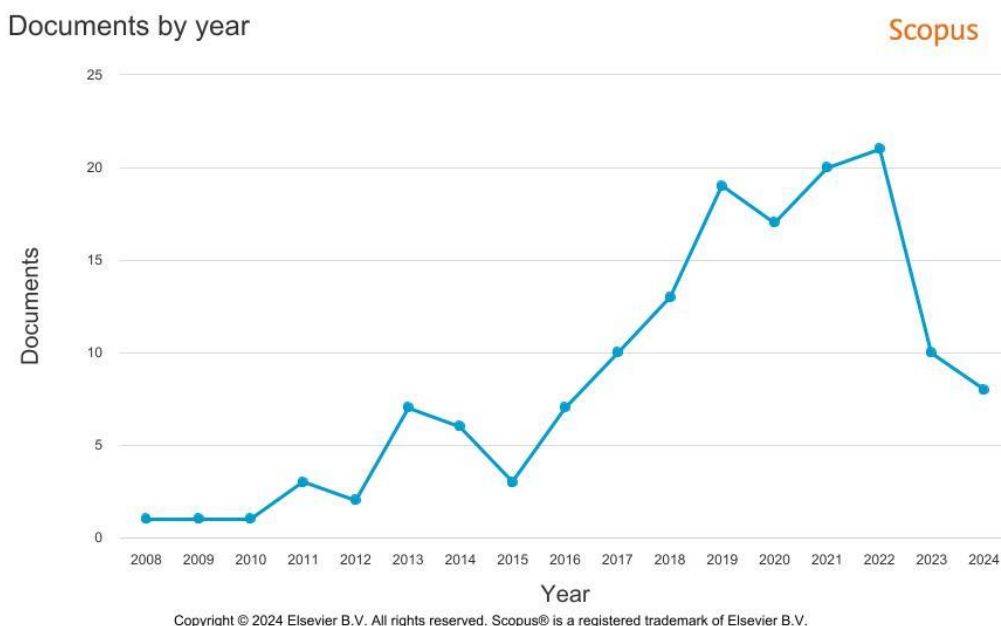
1 tis. ton. Výroba takéhoto množstva bionafty z kávového oleja si bude vyžadovať aj zameranie sa na realizáciu ekonomicky rentabilného zberu SCG so zvýšením atraktívnosti pre malé zdroje SCG (domácností a lokálne kaviarne), efektívneho sušenia s využitím nízkonákladových alebo odpadových zdrojov tepla, účinného odstránenia nezmydelniteľného podielu oleja (Obr. 1), ktorý môže spôsobovať problémy pri produkcii bionafty alebo znižovať jej kvalitu, a využitia zvyškového SCG po extrakcii oleja v súlade s princípmi obehového hospodárstva [5,9].



Obrázok 1: Nezmydelniteľný podiel kávového oleja separovaný počas produkcie bionafty [9]

### Využitie kávového odpadu po extrakcii kávového oleja

Čoraz väčšie množstvo článkov sa publikuje na tému spracovania kávového oleja produkovaného z SCG na biodiesel (Obr. 2), avšak len malá časť z nich ďalej využíva a popisuje možnosti spracovania SCG po extrakcii kávového oleja. V rámci tohto článku sú preskúmané možnosti ďalšieho využitia SCG, ktorý zvýši po extrakcii kávového oleja na prípravu najmä prídavných látok do pôdy, a ďalších aplikácií.



Obrázok 2: Vývoj publikovania článkov zaoberajúcich sa „kávovým odpadom“ a „bionaftou“ (databáza Scopus) [10]

## ***Prídavné látky do pôdy, hnojivá***

Komplexné spracovanie SCG (Tab. 2, Tab. 3) je dôležitým parametrom nie len z ekonomického hľadiska spracovania SCG, ale aj z hľadiska ekologického, čím sa zabezpečí zníženie produkcie odpadov z ľudskej činnosti. V štúdiu sme sa zamerali na porovnanie a využitie 1-druhového SCG a zmesi SCG (s/bez oleja) na prípravu hnojív, resp. prídavných látok do pôdy, využiteľných v domácnostiach a záhradách.

Analýzy SCG (Tab. 2) nepreukázali výrazné zmeny v obsahu mikroprvkov pred ani po odstránení oleja. Vo všeobecnosti platilo, že obsah mikroprvkov bol o niečo nižší v prípade kávových odpadov zbavených oleja. Rozdiely sa nezaznamenali ani v prípade porovnania 1-druhového a zmesného SCG. Očakávané boli rozdiely najmä v obsahu oleja v zmesnom a 1-druhovom SCG nakoľko v zmesnom SCG je prítomná aj káva typu Robusta, ktorá vo všeobecnosti obsahuje menej oleja ako káva typu Arabica. Z porovnaní je vidieť, že zmesný odpad obsahoval o 1,7 hm. % (vzhľadom na sušinu) menej oleja ako odpad z 1-druhu kávy. Zaujímavým zistením bolo, že SCG po extrakcii oleja hexánom obsahuje ešte viac ako 10 % oleja v 1-druhovom a takmer 8 % oleja v zmesnom SCG, čo indikuje efektivitu extrakcie 46 % v prípade 1-druhového SCG a 55 % v prípade zmesného SCG. Optimalizácia extrakcie oleja z SCG sa javí ako dôležitý faktor pre komplexné spracovanie SCG, a to jednak v dôsledku možnej vyššej výťažnosti oleja, ktorý môže byť využitý na prípravu biodiesela a jednak z dôvodu možného využitia odpadu pre aplikáciu ako prídavnej látky do bioplastov (zvyškový olej v kávovom odpade bol jednou z hlavných príčin prečo nemohol byť SCG použitý ako prídavná látka vo výrobe bioplastov). Odstránením oleja z oboch SCG sa zaznamenalo zvýšenie ostatných makroživín – dusíkatých látok a vlákniny.

Kávové hnojivo sa pripravilo zmiešaním SCG a v malom pomere popola a želatíny podľa receptúry start-up spoločnosti Coffant. V Tab. 3 sú zosumarizované všetky výsledné hodnoty analýz mikronutrientov, makroživín a elementárnej analýzy. Oproti vzorkám SCG môžeme pozorovať zvýšené množstvá minerálnych prvkov, a to najmä Ca (13-22-násobné; najnižšie v prípade COF10, najvyššie v prípade COF20), Fe, Na, S. Výrazné rozdiely v jednotlivých hnojivách sa nezaznamenali, s výnimkou COF10, ktoré obsahovalo menej Ca ako ostatné hnojivá, avšak výrazne viac takmer všetkých prvkov (P, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Pb, a Zn). Dôvod zatiaľ nie je známy, nakoľko hnojivá boli pripravené rovnakým spôsobom. Je však zjavné, že obsah mikroprvkov bol ovplyvnený prídavkom popola. Z hľadiska makroživín bol trend rovnaký ako v prípade SCG. Tuk v sušine bol vyšší v prípade 1-druhového odpadu, a po odstránení oleja sa zvýšil obsah ostatných makroživín – vláknina a dusíkaté látky; výnimkou bola znova vzorka COF10, ktorá obsahovala výrazne viac vlákniny ako COF20, COF1, COF2 a o 4 % viac vlákniny ako SCG, z ktorého bolo hnojivo pripravené (SCG10). Rovnako v tomto prípade sa vykonali analýzy spalného tepla a elementárnej analýzy, nakoľko pomer C:N je veľmi dôležitým ukazovateľom v prípade hnojív. Pomer C:N bol priaznivejší v prípade hnojív a kávových odpadov s olejom (21:1 v prípade SCG a 13,5-14,8:1 v prípade hnojív).

Kompost zložený z humifikovaných organických látok a najrozmanitejšieho biologického odpadu môže mať pomer C:N 12-30:1 [11]. Za optimálne organické hnojenie sa považuje pomer C:N 30:1 [12]. Teda z pohľadu pomeru C:N sa javí, že využitie samotného SCG je priaznivejšie v prípade prídavku do pôdy v porovnaní s pripraveným hnojivom.

Tabuľka 2: Kompletná analýza kávových odpadov na výrobu hnojív

			Pôvodný kávový odpad na výrobu hnojiva			
Označenie vzoriek			SCG 1	SCG 2	SCG 10	SCG 20
Parameter	jednotka		1-druh SCG, bez oleja	zmes SCG, bez oleja	1-druh SCG, s olejom	zmes SCG, s olejom
Mikroprvky	As	mg/kg DM	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Ca	mg/kg DM	1530	1680	1470	1450
	Cd	mg/kg DM	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
	Celkový fosfor	mg/kg DM	1520	1630	1340	1380
	Cr	mg/kg DM	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Cu	mg/kg DM	19	19,4	17	16,9
	Fe	mg/kg DM	35	39	32	35
	Hg	mg/kg DM	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	K	mg/kg DM	5780	6340	5360	5410
	Mg	mg/kg DM	1860	1940	1680	1630
	Mn	mg/kg DM	44,4	36,2	39,8	29,9
	Na	mg/kg DM	172	195	146	163
	Pb	mg/kg DM	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	S	mg/kg DM	1590	1650	1440	1440
	Zn	mg/kg DM	6,3	7,3	5,5	5,9
	Sušina	%	97,5	98,5	92,5	97,2
Makroživiny	Dusíkaté látky	% hm. DM	17,02	17,01	15,05	15,08
	Tuk po hydrolýze	% hm. DM	10,28	7,82	19,12	17,43
	Vláknina	% hm. DM	23,77	26,92	22,86	24,91
	Celkový cukor	% hm.	<1	<1	<1	<1
	Dusíkaté látky	% hm.	16,02	15,96	14,02	14,07
	Sušina	% hm.	94,13	93,81	93,15	93,32
	Tuk po hydrolýze	% hm.	9,68	7,34	17,81	16,27
	Vláknina	% hm.	22,37	25,25	21,29	23,25

Tabuľka 3: Kompletná analýza hnojív produkovaných z kávového odpadu

Označenie vzoriek		Pripravené hnojivá				
		COF 1	COF 2	COF 10	COF 20	
Parameter	jednotka	Hnojivo, 1-druh SCG, bez oleja	Hnojivo, zmes SCG, bez oleja	Hnojivo, 1-druh SCG, s olejom	Hnojivo, zmes SCG, s olejom	
Mikroprvky	As	mg/kg DM	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Ca	mg/kg DM	32400	34700	19300	31800
	Cd	mg/kg DM	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
	Celkový fosfor	mg/kg DM	1230	1560	2400	1280
	Cr	mg/kg DM	0,88	1,05	2,08	0,9
	Cu	mg/kg DM	25	29,1	68,6	22,7
	Fe	mg/kg DM	318	584	1140	372
	Hg	mg/kg DM	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	K	mg/kg DM	5750	6580	11900	5490
	Mg	mg/kg DM	2220	2500	4010	2180
	Mn	mg/kg DM	67,6	89,6	483	76,7
	Na	mg/kg DM	755	789	1470	732
	Pb	mg/kg DM	<1,0	<1,0	1,9	<1,0
	S	mg/kg DM	2140	2080	2260	1810
	Zn	mg/kg DM	14,2	20,8	40,5	13,8
Sušina	%	55,1	66,9	63,1	62,4	
Makroživiny	Dusíkaté látky	% hm. DM	22,01	21,32	19,79	20,18
	Tuk po hydrolyze	% hm. DM	6,31	6,92	16,63	15,07
	Vláknina	% hm. DM	21,47	20,34	26,82	18,00
	Celkový cukor	% hm.	<1	<1	<1	<1
	Dusíkaté látky	% hm.	12,18	13,44	11,98	12,52
	Sušina	% hm.	55,34	63,04	60,55	62,05
	Tuk po hydrolyze	% hm.	3,49	4,36	10,07	9,35
	Vláknina	% hm.	11,88	12,82	16,24	11,17
Elementárna analýza	N	%	2,19	2,40	1,97	2,11
	C	%	25,81	31,04	29,37	28,84
	H	%	7,56	7,35	7,62	7,33
	S	%	0,04	0,08	0,06	0,03
	O (dpočítané)	%	64,40	59,13	60,99	61,70
	Popol	% hm. DM	7,69	7,05	6,62	7,43
	Sušina	% hm.	56,00	65,10	61,52	62,23

## Ďalšie spracovanie

SCG sa podrobil aj elementárnej analýze a analýze spalného tepla (Tab. 4). SCG sa v niektorých krajinách (napr. UK) používa ako palivo, kedy sa z neho formujú pelety/“polená“, ktoré slúžia na vykurovanie domácností (Obr. 3).



Obrázok 3: Kávové pelety/“polená“ vyrábané spoločnosťou bio-bean [13]

SCG sa svojou výhrevnosťou javí byť vhodný aj ako alternatívne palivo k drevným peletám. Výhrevnosť dreva pri 25 % vlhkosti sa pohybuje v rozmedzí 12-14 MJ/kg, čo vzorky SCG 1, SCG 2 a SCG 20 spĺňajú a vzorka SCG 10 dokonca prekračuje. Z analýz teda vyplýva, že vysušený SCG je potenciálnou alternatívou pre spaľovanie dreva, a to aj v prípade SCG po extrakcii kávového oleja.

Tabuľka 4: Elementárna analýza a spalné teplo kávových odpadov s/bez kávového oleja

Označenie vzoriek		Kávový odpad				
		SCG 1	SCG 2	SCG 10	SCG 20	
Parameter	jednotka	1-druh SCG, bez oleja	zmes SCG, bez oleja	1-druh SCG, s olejom	zmes SCG, s olejom	
Elementárna analýza	Spalné teplo	MJ/kg	12,37	13,25	14,86	13,94
	N	%	2,72	2,70	2,38	2,38
	C	%	48,43	47,83	50,72	50,44
	H	%	6,67	6,55	7,19	6,95
	S	%	0,07	0,06	0,02	0,03
	O (dopočítané)	%	42,11	42,86	39,68	40,19
	Popol	% hm. DM	1,59	1,52	1,58	1,54
Sušina	% hm.	93,44	93,18	93,08	93,15	

## Záver

Produkcija bionafty z obnoviteľných zdrojov je v posledných rokoch stále rozšírenejšou témou vzhľadom na potrebu znížiť závislosť od fosílnych palív a tým environmentálnu záťaž ľudskej činnosti. V synergii s týmto cieľom je skúmanie možností opätovného využitia odpadových prúdov z bežného života. Kávový odpad predstavuje zaujímavý zdroj surovín, ktorý môže byť efektívne využitý na produkciu bionafty prostredníctvom extrakcie kávového oleja. Zároveň predložený článok dokumentuje aj potenciálne využitie zvyškového materiálu po extrakcii. Skúmaný proces nielenže prináša energetické výhody, ale aj podporuje princípy obehového hospodárstva tým, že minimalizuje odpad z kávovej výroby a potrebu jeho likvidácie, napr. skládkovaním. Aj keď proces zahŕňa určité technologické výzvy, ako je optimalizácia zberu a extrakcie oleja, potenciál produkcie kávovej bionafty je značný. Okrem toho, ďalšie spracovanie SCG po extrakcii oleja prináša ďalšie ekologické a ekonomické benefity, napríklad vo forme

prídavných látok do pôdy či tuhého alternatívneho paliva. Celkový prínos tohto prístupu spočíva v komplexnom využití SCG, čím sa znižuje objem generovaného odpadu a zvyšuje efektívnosť využitia prírodných zdrojov.

## Zdroje

- [1] Acevedo, F.; Rubilar, M.; Scheuermann, E.; Cancino, B.; Uquiche, E.; Garcés, M.; Inostroza, K.; Shene, C. Bioactive compounds of spent coffee grounds, a coffee industrial residue. Zborník konferencie III. SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 12.-14. Marec, 2013, Brazília.
- [2] Gómez-de la Cruz, F.J.; Cruz-Peragón, F.; Casanova-Peláez, P.J.; Palomar-Carnicero, J.M. A vital stage in the large-scale production of bio-fuels from spent coffee grounds: The drying kinetics. *Fuel Process. Technol.* 2015, 130, 188–196.
- [3] Battista, F.; Barampouti, E.M.; Mai, S.; Bolzonella, D.; Malamis, D.; Moustakas, K.; Loizidou, M. Added-value molecules recovery and biofuels production from spent coffee grounds. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2020**, 131, 110007.
- [4] Caetano, N.S.; Silva, V.F.; Melo, A.C.; Martins, A.A.; Mata, T.M. Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications. *Clean Technol. Environ. Policy* **2014**, 16, 1423–1430.
- [5] Kafková, V.; Kubinec, R.; Mikulec, J.; Variny, M.; Ondrejčíková, P.; Ház, A.; Brisudová, A. Integrated Approach to Spent Coffee Grounds Valorization in Biodiesel Biorefinery. *Sustainability* **2023**, 15, 5612.
- [6] Tun, M.M.; Raclavská, H.; Juchelková, D.; Růžičková, J.; Šafář, M.; Štrbová, K.; Gikas, P. Spent coffee ground as renewable energy source: Evaluation of the drying processes. *J. Environ. Manag.* **2020**, 275, 111204.
- [7] Passadis, K.; Fragoulis, V.; Novakovic, J.; Barampouti, E.M.; Mai, S.; Moustakas, K.; Malamis, D.; Loizidou, M. Study of Valorisation Routes of Spent Coffee Grounds. In Proceedings of the Heraklion 2019, Heraklion, Greece, 26–29 June 2019.
- [8] Budryn, G.; Nebesny, E.; Żyżelewicz, D.; Oracz, J.; Miśkiewicz, K.; Rosicka-Kaczmarek, J. Influence of roasting conditions on fatty acids and oxidative changes of Robusta coffee oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2012**, 114, 1052-1061.
- [9] Kafková, V.; Ondrejčíková, P. Assessment of the extracted coffee oil valorisation to biodiesel. *Waste Forum* **2022**, 1, 45–56.
- [10] Databáza Scopus, dostupné online: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>
- [11] Odborná polemika na tému: Hnojenie organickými hospodárskymi hnojivami; dostupné online: <https://nasepole.sk/odborna-polemika-na-temu-hnojenie-organickymi-hospodarskymi-hnojivami/>
- [12] Vliv různého organického hnojení na výnosy obilnin; dostupné online: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vliv-ruzneho-organickeho-hnojeni-na-vynosy-obilnin>
- [13] Bio-bean coffee logs, dostupné online: <https://www.ace-energyshop.co.uk/bio-bean-coffee-logs-pack-of-16-339-p.asp>

## Pod'akovanie

Tento výskum je financovaný z prostriedkov Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV) pod registračným číslom: APVV-20-0348.