

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0097****Vývoj technológie výroby pokročilých motorových palív z nepotravinárskych surovín**Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Elena Hájeková, PhD.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Riešiteľ:

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie,
Vazovova 5, 812 43 Bratislava

Spoluriešitelia:

VÚRUP, a.s., Vlčie hrdlo, 820 03, Bratislava

Združenie Energy 21, Trnavská cesta 1033, 920 41 Leopoldov

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby,
Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

V projekte nebolo ako riešiteľ zapojené pracovisko zo zahraničia.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

V projekte neboli plánované ani podané patentové prihlášky.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Vedecké práce v recenzovaných vedeckých časopisoch a zborníkoch

1. Ševčík P., Joríková L., Hozlár P., Hájeková E., Ondrejčíková P.: The effect of growing conditions on camelina (*Camelina sativa* L.) oil content – sustainable feedstock for biofuels production.

Proceedings of the 6th International Conference on Chemical Technology, Mikulov ČR, ISBN 978-80-86238-77, ISSN 2336-8128, pp. 244-247 (2018)

2. Jozef Mikulec: Výroba biopaliva z oleja ľanovníka siateho, *Energie 21*, 2018: 11(4)4: 14-15.(ISSN 1803-0394).3. Mališová M., Horňáček M., Mikulec M., Hudec P., Jorík V.: FTIR study of hydrotalcite, *Acta Chimica Slovaca* 11 (2) 147—166 (2018), DOI: 10.2478/acs-2018-0021.4. Peller A., Jambor B., Hájeková E., Hudec P., Hadvinová M., Horňáček M.: Hydrogenation of liquid fractions for production of non-conventional diesel fuel, *Pet Coal* 60(6), 1112 – 1119 (2018).

5. Hozlár P., Čemanová D., Matúšková K., Pohánková L.: Vplyv hnojenia na úrodu semena netradičnej olejiny ľanovníka siateho. In: Vedecké práce katedry rastlinnej výroby k 100.

- výročiu narodenia akademika Dr.h.c. Emila Špaldona. SPU v Nitre, 2018,s. 72-75, ISBN 978-80-552-1834-2.
6. Mališová M., Horňáček M., Hudec P., Mikulec J., Jorík V., Hájeková E: Influence of hydrotalcite preparation conditions on its physico-chemical properties. *Acta Chimica Slovaca*. 12 (1), s. 119-126 (2019). ISSN 1337-978X. DOI: 10.2478/acs-2019-0017 ; WOS: 000474734500017.
7. Mališová M., Horňáček M., Hudec P., Mikulec J., Jorík V., Hájeková E: Príprava hydrotalcitov a ich použitie pri príprave bionafty pomocou transesterifikácie. In *Prírodné a syntetické zeolity na Slovensku : Zborník príspevkov*. 1. vyd. Bratislava : FCHPT STU, 2019, S. 61-70. ISBN 978-80-8208-013-4.
8. Ondrejčíková P., Holíčková M., Hozlár P., Hájeková E., Joríková L., Červeň, I., Ševčík, P.: Impact on Growth Conditions on Camelina Sativa Varieties and Research of „Camelina oil – Biofuels Production“ Value Chain, Proceedings of the 7th International Conference on Chemical Technology, 15.-17.4.2019, Mikulov, Czech Republic [elektronický zdroj]. 1. vyd. Česko : Czech Society of Industrial Chemistry, 2019, S. 32-36. ISBN 978-80-88307-00-6. <https://www.icct.cz/AngiologyKlon-ICCT/media/system/2019/ICCT-2019-Proceedings.pdf>
9. Hozlár P., Matúšková K., Ondrejčíková P., Hájeková E., Joríková L.: Comparison of Different Fertilization Variants on Camelina Sativa Yield, Plant Height and Oil Content. In *First World Oilseeds Congress : Proceedings, Book of Abstracts*. 1. vyd. Trakya, Turecko : Trakya University, 2019, S. 7-16. ISBN 978-975-374-252-8.
10. Hozlár P., Matúšková K., Ondrejčíková P.: Evaluation of camelina sativa (L.) crantz genotypes variability in morphological and economic characters as promising breeding materials, *Book of abstract of 4th International Scientific Conference Abrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life, September 11-13, 2019 Nitra*, Editors : Ján Brindza, Olga Grygorieva, Slovak University of Agriculture in Nitra, str. 37, ISBN 978-80-552-2037-6
11. Holíčková, M., Ševčík, P., Joríková, L., Hozlár, P., Ondrejčíková, P., Stiller, R.: Skrining genotypov a hodnotenie vplyvu podmienok pestovania na zloženie oleja nepotravinárskej plodiny Camelina sativa pre výrobu biopalív, *APROCHEM Odpadové fórum*, 19. - 21.3.2019, Po 150, ISBN: 978-80-85990-33-1, <https://www.tretiruka.cz/konference/program-tvip-2019/anotace/>
12. Bujnovský R., Holíčková M., Ondrejčíková P.: Spring Camelina sativa – perspective cultivation as biofuel feedstock in Slovakia, *Industrial Crops and Products* 154 (2020) article 112634. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112634>
13. Mališová M., Horňáček M., Mikulec J., Hudec P., Hájek M., Peller A., Jorík V., Frolich K., Hadvinová M., Hájeková E.: Transesterification of Camelina sativa Oil Catalyzed by Mg/Al Mixed Oxides with Added Divalent Metals, *ACS Omega* 2020, 5, 49, 32040-32050, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.0c04976>
14. Hozlár P., Bujnovský R., Koco Š., Matúšková K., Holíčková M.: Perspektívy pestovania ľaničníka siateho v podmienkach Slovenska, *Slovenská chemická knižnica*, 32 str., Bratislava
ISBN 978-80-8208-045-5 s čiarovým kódom EAN 9788082080455
Publikáciu recenzovali: doc. Dr. Milan Macák, Ing. Peter Varga, PhD. a Ing. Marián Čeleš
15. Hozlár P., Matúšková K., Ondrejčíková P., Hájeková E., Joríková L.: Comparison of Different Fertilization Variants on Camelina Sativa Yield, Plant Height and Oil Content, *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research* 2020, Vol. 4 (1), 78-88, <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2020.238.9>
16. Hozlár P., Matúšková K., Ondrejčíková P., Hájeková E., Joríková L.: Vplyv rôznych variantov ľaničníka siateho na výšku úrod, výšku rastlín a obsah oleja (Comparison of different fertilization variants on Camelina sativa yield, plant height and oil content). In: *Vedecké práce katedry rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov: Zborník vedeckých prác online / zost. P. Hric, rec. R. Holúbek, rec. J. Húska*. - Nitra : SPU, 2020. - ISBN 978-80-552-2244-8. - S. 96-104. Plný text: https://vydavatelstvo.uniag.sk/index.php?controller=attachment&id_attachment=1345; <http://www.slpk.sk/eldo/2020/zborniky/9788055222448.pdf>
17. Koco, Š. and Bujnovský, R.: Optimal and suitable conditions for prospective spring camelina cultivation in Slovakia – screening by the system of soil climatic units. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 67(1), 42 – 46.

18. Mališová M., Horňáček M., Hudec P., Mikulec J., Jorík V., Slezáčková M., Hájeková E. : Heterogeneous Transesterification of Camelina sativa Oil over K-loaded Mg/Al Mixed Oxides, rukopis zaslaný do karentovaného časopisu BioResources
19. Slezáčková M., Mikulec J., Blaško J.: Partial hydrogenation of double bonds in polyunsaturated fatty acid methylesters, ICCT 2021 VIRTUALLY, 3. - 5.05.2021, on line, plný text príspevku v angličtine v recenzovanom zborníku, registrovaný v databáze Web of Science, 5 str.
- Vedecké práce v nerecenzovaných zborníkoch
1. Elena Hájeková, Marcela Hadvinová, Pavol Daučík: Vlastnosti automobilových palív s prídavkom biozložiek, konferencia CHISA 2017, Kongresové centrum Seč, ČR, 23.10.2017-26.10.2017, zborník s. 55, prednáška
 2. Marek Banič, Ľudmila Joríková: Analýza vybraných nepotravinárskych surovín na výrobu pokročilých biopalív, konferencia CHISA 2017, Kongresové centrum Seč, ČR, 23.10.2017-26.10.2017, zborník s. 92, poster
 3. Peter Hozlár, Daniela Čemanová, Katarína Matušková, Lenka Pohanková: Vplyv hnojenia na úrodu semena netradičnej olejiny – ľaničníka siateho, odborný seminár so zahraničnou účasťou Živiny a rizikové prvky v pôde, VURV Praha-Ruzyně, 15. – 16.11.2017, poster – ústna prezentácia
 4. Horňáček M., Tholtová A., Mikulec J., Jambor B., Hudec P., Hájeková E.: The effect of conditions in the preparation of hydrotalcites for transesterification reaction. In 14th Pannonian International Symposium on Catalysis, High Tatras, September 3–7, 2018 : Book of Abstracts. 1. vyd. Bratislava : FCHPT STU, 2018, S. 87. ISBN 978-80-89597-94-9.
 5. Mikulec J., Slezáčková M., Tholtová A., Hornáček M., Hájeková E.: Single-Stage Transesterification and Partial Hydrogenation of Camelina Oil on Biodiesel, 6th International Conference on Chemical Technology, Mikulov ČR, Book of abstracts, 1. vyd. Prague : Czech Society of Industrial Chemistry, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-80-86238-83-8.
 6. Mikulec J., Cvengroš J.: Možnosti využitia oleja z Camelina sativa, sp. na výrobu biopalív, 13. mezinárodní konference “Současné postavení a výhled využívání certifikovaných biopalív v nízkoemisní mobilitě“, Brno, 11.4.2018.
 7. Horňáček M., Tholtová A., Jambor B., Hájeková E., Hudec P.: Preparation and characterization of Mg-Al hydrotalcite for transesterification reaction. In FILEK, U..International Conference on Catalysis and Surface Chemistry, 18-23 March, 2018, Krakow : Book of Abstracts. 1. vyd. Krakow : Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Science, 2018, S. 211. ISBN 978-83-60514-28-3.
 8. Hozlár P., Matušková K., Ondrejčíková P.: Evaluation of camelina sativa (L.) crantz genotypes variability in morphological and economic characters as promising breeding materials, Book of abstract of 4th International Scientific Conference Abrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life, September 11-13, 2019 Nitra, Editors : Ján Brindza, Olga Grygorieva, Slovak University of Agriculture in Nitra, str. 37, ISBN 978-80-552-2037-6
 9. Mališová M., Horňáček M., Hudec P., Mikulec J., Jorík V., Hájeková E., Slezáčková M.: Transesterification of Camelina sativa oil on heterogeneous catalyst hydrotalcite to prepare biodiesel. In 51. Symposium on Catalysis : Program, Book of abstracts. 1. vyd. Praha : Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, 2019, S. Op03-Op03. ISBN 978-80-87351-55-0.
 10. Holíčková, M., Ševčík, P., Joríková, Ľ., Hozlár, P., Ondrejčíková, P., Stiller, R.: Skrining genotypov a hodnotenie vplyvu podmienok pestovania na zloženie oleja nepotravinárskej plodiny Camelina sativa pre výrobu biopalív, APROCHEM Odpadové fórum, 19. - 21.3.2019, Po 150, ISBN: 978-80-85990-33-1, <https://www.tretiruka.cz/konference/program-tvip-2019/anotace/>
 11. Slezáčková M., Mikulec J., Hájeková E., Peller A., Blaško J.: Parciálna hydrogenácia ľaničnickového oleja na katalyzátoroch na báze medi. In Czech Chemical Society Symposium Series : 72. sjezd českých a slovenských chemických spoločností. Roč. 18, č. 3 (2020), s. 203-203. ISSN 2336-7202.
 12. Slezáčková M., Peller A., Mikulec J., Banič M., Blaško J., Hájeková E.: Catalytic co-hydroprocessing of polyunsaturated vegetable oils/AGO mixtures over NiMoP/Al₂O₃ catalysts, CHISA 2021 VIRTUALLY, 15. - 18.03.2021, on line, D2.3 prednáška v anglickom jazyku, <https://secure.confis.cz/chisa2021-virtually/ProgramFin/D.aspx#609>
 13. Mališová M., Horňáček M., Hájeková E., Mikulec J., Hájek M.: Impact of divalent metal

addition to Mg/Al mixed oxides catalytic activity in transesterification of Camelina sativa oil. CHISA 2021 VIRTUALLY, 15. - 18.03.2021, on line, D2.1 prednáška v anglickom jazyku, <https://secure.confis.cz/chisa2021-virtually/ProgramFin/D.aspx#650>

14. Mališová M., Horňáček M., Hájeková E., Hudec P., MIKULEC, Jozef. Heterogeneous Transesterification of Camelina sativa Catalysed by Potassium impregnated Mg/Al Mixed Oxides to prepare Biodiesel. In Book of abstracts of the 8th International Conference on Chemical Technology. 1. vyd. Praha : AMCA, spol. s r.o, 2021, S. 56-56. ISBN 978-80-88214-24-3, poster P01.

15. Slezáčková M., Mikulec J., Blaško J.: Partial hydrogenation of double bonds in polyunsaturated fatty acid methylesters, ICCT 2021 VIRTUALLY, 3. - 5.05.2021, on line, Book of abstracts of the 8th International Conference on Chemical Technology, 1st edition, April 2021, ISBN 978-80-88214-24-3, počet strán 114, AMCA, spol. s r.o., Czech Republic

Uplatnenie výsledkov projektu

Významný je výstup aplikovaného výskumu – overenej pestovateľskej technológie. Jedná sa o publikovanie pestovateľskej príručky pre širšiu verejnosť: „Perspektívy pestovania ľaničníka siateho na Slovensku“ (už vyššie citovanej v bode 14.). Táto príručka predstavuje najkomplexnejšiu informáciu o tomto rastlinnom druhu pre pestovateľskú prax na Slovensku. Predkladaná publikácia ponúka základné informácie o tejto plodine a podmienkach jej pestovania na Slovensku so zreteľom na výnosnosť a kvalitu úrody semien, ako aj vzhľadom na optimalizáciu vstupov s prihliadnutím na spôsob využitia dopestovanej úrody, obzvlášť v prípade využitia oleja na výrobu biopalív. Táto plodina môže predstavovať vhodnú alternatívu s veľmi krátkou vegetačnou dobou oproti typicky európskym olejninám ako sú kapusta repková pravá, sója fazuľová a slnečnica ročná. Menšia náročnosť na pôdno-klimatické podmienky a nižšie vstupy vo forme hnojív a pesticídov je však sprevádzaná nižšími úrodami oproti týmto olejninám. Z toho dôvodu je možné uvažovať s pestovaním tejto plodiny najmä v rámci ekologického poľnohospodárstva.

V rámci ročníka 2021 v mesiaci máj bolo realizovaných 10 kombinačných krížení z Formulár ZK, strana 2/2 genotypov jesenného výsevu rôznych rodičovských odrôd ľaničníka siateho. Z kombinačných krížení predpokladáme ďalšie získanie hybridných zŕn. Presievané boli F2, F3 a F4 populácie v počte po 1 ks krížené v predošlých rokoch. Predpokladáme výber rastlín z týchto populácií do kmeňových potomstiev. Je predpoklad že získané populácie F1-F4 budú tvoriť v budúcnosti základ pre výber kmeňov a majú potenciál byť v neskoršej budúcnosti novou slovenskou odrodou ľaničníka siateho.

Z výsledkov výskumu ďalej vyplynulo, že vhodnými katalyzátormi na heterogénnu transesterifikáciu oleja z ľaničníka siateho sú buď samotné Mg/Al zmesné oxidy pripravené z hydrotalcitov v molovom pomere Mg:Al=2:1, alebo modifikované základné zmesné oxidy pomocou dvojmocných katiónov Fe²⁺, alebo Ni²⁺. Po zistení, že najmenšie vylúhovanie kovov z katalyzátora do produktu bolo v prípade zmesného oxidu modifikovaného niklom pri súčasne najvyššom obsahu FAME v bionaftu (96,7 %), v ďalšom výskume sme zoptimalizovali reakčné podmienky presne pre tento typ katalyzátora. Optimálny molový pomer metanol:olej bol stanovený na hodnotu 18:1, množstvo katalyzátora na 3 % hm. a reakčná teplota 140 °C. Informácia môže slúžiť ako podklad pre návrh optimálnych podmienok pre technológiu zásaditej heterogénnej transesterifikácie ľaničníkového oleja používajúcej tento katalyzátor.

Overenie technológie spoločnej hydrogenačnej rafinácie plynového oleja a hydrodeoxygenácie ľaničníkového oleja. Úspešne bol odskúšaný proces a katalyzátor na spoločnú hydrogenačnú rafináciu plynového oleja so zložkami z krakovacích procesov ťažkých ropných frakcií a hydrodeoxygenácie degumovaného ľaničníkového oleja. Spoluspracovanie (koprocessing) obidvoch surovín umožňuje výrobu pokročilej biozložky s minimálnou úpravou súčasnej technológie. Pri podiele 20% sa cetánový index zvýši z hodnoty 46,1 na 58, obsah polyaromátov klesne z hodnoty 12,5 na 4,4. Významne sa tým zlepšuje emisný profil paliva. Overená bola aj technológia výroby zelenej nafty hydrodeoxygenáciou ľaničníkového oleja v zmesi s izododekánom (až 50%obj.). Po oddestilovaní rozpúšťadla (recykluje) vzniknutý produkt je zložka pre vymiešanie do motorovej nafty (pokročilé biopalivo). Overenie technológie výroby bionafty zo surovín s vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín metódou parciálnej hydrogenácie. Nepotravinárske polynenasýtené suroviny sú oxidačne málo stabilné a použitím bežne používaných technológií transesterifikácie neumožňujú vyrábať bionaftu spĺňajúcu

parametre normy STN EN 14214. Bolo overený postup prípravy selektívneho katalyzátora cez medzistupeň hydrotalcitu a zmesného oxidu, ktorý umožňuje selektívnu a parciálnu hydrogenáciu metylesteru ľaničnickového oleja (MELO) s minimálnou sketálnou cis-trans izomerizáciou. Vzniknuté H-MELO je bionafta druhej generácie z nepotravinárskej suroviny, ktorá môže byť pestovaná na pôdach nižšej bonity a ako pôdopokryvná rastlina na zníženie erózie.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Ciele projektu boli v plnej miere splnené. V projekte bola overená vhodná agrotechnika pre kultiváciu a zber ľaničníka siateho (ĽS). Zistili sa najvhodnejšie varianty jeho hnojenia. ĽS vykazuje značnú toleranciu k chorobám. Výšku úrody jarných foriem veľmi ovplyvňoval ročník. ĽS má krátku vegetačnú dobu a potrebuje mať hlavne v produkčných mesiacoch priaznivé teplotné a vlhové podmienky. Z tohto dôvodu pre budúce uplatnenie v SR je účelné testovať a šľachtiť ozimné formy ĽS, ktoré by neboli tak závislé na krátkodobých klimatických výkyvoch. Počas riešenia projektu sa podarilo získať až 26 rôznych genotypov ĽS rôznej proveniencie, ktoré boli postupne testované v jednotlivých pokusných ročníkoch. Rovnako tieto genotypy poslúžili po ich hodnotení ako východiskové rodičovské materiály pri kombinačných kríženiach a tvorbe novej potencionálne prvej slovenskej odrody ĽS. Zisťovanie množstva a kvality oleja bolo primárne zamerané na českú odrodu ĽS Zuzana a na poľskú odrodu Smilowska. Priemerná olejnatosť semien (pri 8 % sušine) bola Smilowska 31,1 – 37,3 % a Zuzana 33,2-39,5 %. Olej lisovaný za studena mal nízku kyslosť do 0,3 mg KOH/g. Olej ale obsahuje veľa nenasýtených mastných kyselín (kys. linolénová, linolová a olejová). Analýzy oleja preukázali vysokú variabilitu v obsahu P, S aj alkalických kovov. Výsledky analýz výliskov semien ĽS ukázali, že vo výliskoch ostáva cca 10 % oleja, ktorý by bolo možné získavať extrakčne.

Uskutočnili sa tiež syntézy a stanovenia vlastností rôznych zmesných oxidov (MO), ktoré boli použité v reakciách transesterifikácie. Najvyššie výťažky FAME (až 96,7 %) spolu s najlepšou stabilitou vykazuje katalyzátor Ni²⁺/MO. Optimálne podmienky heterogénnej transesterifikácie boli stanovené na molový pomer metanol:olej 18:1, množstvo katalyzátora 3 % hm., reakčná teplota 140 °C a reakčný čas 6 hodín.

Vo výskume sme ďalej overili viaceré metódy prípravy biozložiek z ĽO ako transesterifikáciu v kombinácii s parciálnou hydrogenáciou; priamu hydrodeoxygenáciu ĽO v prítomnosti vybraných rozpúšťadiel a spoločnú hydrorafináciu zmesi nerafinovaného plynového oleja a ĽO v prítomnosti NiMoP katalyzátorov. Ukázalo sa, že ĽO je vhodnou surovinou na výrobu pokročilej bionafty (H-MELO), ale v procese musí byť pridaný stupeň selektívnej parciálnej hydrogenácie s nízkou tvorbou trans izomérov. Proces spoločnej hydrogenačnej rafinácie plynového oleja a hydrogenačnej eliminácie kyslíka z ľaničnickového oleja si vyžaduje selektívny katalyzátor, ktorý je schopný hydrogenovať dvojité väzby v molekule mastných kyselín a zároveň ich transformáciu na nasýtené uhľovodíky. Výhodne je použitie viacerých katalyzátorov zaradených za sebou. Najvýhodnejšie je v prvej fáze hydrogenovať dvojité väzby v molekule LO a následne robiť hydrodeoxygenáciu na uhľovodíky.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The objectives of the project were fully met. The project verified suitable agrotechnics for cultivation and collection of *Camelina sativa* (CS). The most suitable variants of its fertilization were found. CS showed considerable tolerance to diseases. The height of the harvest of spring forms was greatly influenced by the year. CS has a short growing season and needs to have favorable temperature and humidity conditions, especially in the production months. For this reason, for future application in the Slovak Republic, it is expedient to test and breed winter forms of CS, which would not be so dependent on short-term climatic fluctuations. During the solution of the project, it was possible to obtain up to 26 different genotypes of CS of various provenance, which were gradually tested in individual experimental years. These genotypes also served after their evaluation as starting parent materials in combination crosses and the creation of a new potentially first Slovak variety of CS.

The determination of the quantity and quality of oil was primarily focused on the Czech variety CS Zuzana and the Polish variety Smilowska. The average oil content of the seeds

(at 8% dry matter) was Smilowska 31.1 - 37.3% and Zuzana 33.2-39.5%. The cold pressed oil had a low acidity of up to 0.3 mg KOH/g. However, the oil contains many unsaturated fatty acids (linolenic acid, linoleic acid and oleic acid). Oil analyzes showed high variability in the content of P, S and alkali metals. The results of analyzes of LS seed compacts showed that about 10% of oil remains in the compacts, which could be obtained by extraction. Syntheses and determinations of the properties of the various mixed oxides (MOs) used in the transesterification reactions were also performed. The Ni₂ + / MO catalyst showed the highest FAME yields (up to 96.7%) together with the best stability. Optimal heterogeneous transesterification conditions were determined for a methanol: oil molar ratio of 18: 1, a catalyst content of 3% by weight, a reaction temperature of 140 ° C and a reaction time of 6 hours.

We further verified several methods for the preparation of biocomponents from LC as transesterification in combination with partial hydrogenation; by direct hydrodeoxygenation of CS oil in the presence of selected solvents and co-hydrorefining of a mixture of unrefined gas oil and CS oil in the presence of NiMoP catalysts. CS oil has been shown to be a suitable feedstock for the production of advanced biodiesel, but a degree of selective partial hydrogenation with low formation of trans isomers must be added in the process. The process of co-hydrogenation of gas oil and hydrogenation of oxygen from CS oil requires a selective catalyst capable of hydrogenating the double bonds in the fatty acid molecule and at the same time transforming them into saturated hydrocarbons. Preferably, the use of several catalysts is arranged in series. Most preferably, it is in the first phase to hydrogenate the double bonds in the CS oil molecule and subsequently to perform hydrodeoxygenation to hydrocarbons.