Biorafinace

AKADEMIE VĚD
ČESKÉ REPUBLIKY

věda 10
kolem
nás
co to je...

Ústav chemických procesů Akademie věd ČR, v .v. i. – pracoviště bylo zřízeno v roce 1960 pod názvem Ústav teoretických základů chemické techniky ČSAV. Jeho hlavní a ojedinělou rolí v tehdejším uspořádání akademických ústavů bylo zabývat se výkladem a kvantitativním popisem dějů probíhajících v zařízeních chemického průmyslu. Vědní disciplína, která byla od padesátých let minulého století ve stadiu prudkého rozvoje, se ve vědecké komunitě etablovala jako tzv. chemické inženýrství. Chemické inženýrství využívá postup rozložení celého technologického procesu vedoucího k produkci žádaného výrobku na jednotlivé, tzv. dílčí operace, které tento proces skládají (např. mletí surovin, rozdružování na jednotlivé velikostní frakce, čerpání kapalin, odpařování a krystalizace, sušení, fluidní technika, filtrace, rozdružování kapalin destilací, absorpce – pohlcování plynů do kapalin, adsorpce – pohlcování plynů a kapalin na tuhé sorbenty, extrakce látek z kapalin a tuhých substrátů, chemická katalýza,…). S využitím kvantitativního popisu těchto jednotlivých dílčích operací umožňují metody chemického inženýrství navrhnout zařízení a optimální technologické postupy výroby žádaných produktů. Zejména umožňují převést poznatky získané v malých laboratorních baňkách do reálných rozměrů, což je nezastupitelná role chemického inženýrství. Jeho teoretické základy tvoří disciplíny jako transport látek, hybnost a energie ve vícefázových soustavách, reaktorové inženýrství a chemická kinetika, termodynamika a systémové chemické inženýrství umožňující mj. vědecké řízení těchto procesů.

V roce 1993 bylo pracoviště přejmenováno na Ústav chemických procesů a od roku 2007 je veřejnou výzkumnou institucí.

Předmětem hlavní činnosti ÚCHP je vědecký výzkum a vývoj v oblasti chemických procesů, zejména v oborech chemického inženýrství a fyzikální chemie, separačních procesů, chemické katalýzy a organokovové chemie, chemických reakcí urychlovaných laserovým a mikrovlnným zářením a procesů tvorby a přeměn aerosolů.

Ve spolupráci s vysokými školami se na ÚCHP uskutečňují doktorské studijní programy a vychovávají se vědečtí pracovníci.

V současné době prodělává obor chemického inženýrství významnou expanzi do oblasti biologických věd, energie, obnovitelných zdrojů energie a materiálového inženýrství, zejména pokud jde o získávání cenných látek s vysokou přidanou hodnotou, a to i z odpadů. Tyto světové trendy jsou v současnosti plně rozvíjeny i v ÚCHP. V současné orientaci ÚCHP lze zřetelně rozeznat vědecké sledování vazeb mezi biotechnologiemi a tzv. čistou energií, což je v souladu se současnými světovými výzkumnými trendy.

Právě chemické inženýrství a bioinženýrství, tedy vědní disciplíny zabývající se výkladem a kvantitativním popisem dějů probíhajících v soustavách a zařízeních chemického a biochemického průmyslu, jsou hlavním nosným pilířem základního a aplikovaného výzkumu v ÚCHP. Jeho výsledky umožní popisovat procesy probíhající za účasti chemických a biologických katalyzátorů včetně mikroorganizmů, získat poznatky využitelné pro výpočty a návrhy zařízení používaných v chemických technologiích a biotechnologiích a určit jejich optimální režim provozu bez negativních dopadů na životní prostředí.

V oborech své vědecké činnosti provádí ÚCHP analýzy, testování a měření charakteristických fyzikálněchemických vlastností látek a vyvíjí unikátní vědecké přístroje, a to až do úrovně prototypů a ověřovacích sérií. Předmětem jiné činnosti ÚCHP je poskytování poradenských služeb, testování technologií, vývoj software, aplikovaný výzkum a vývoj a školicí činnost (včetně doktorandů). Výzkumná činnost ústavu je tedy velmi rozmanitá, zasahuje do různých chemických a biologických specializací, což je pro chemické inženýrství a bioinženýrství charakteristické. Tomuto oboru se ÚCHP věnuje jako jediný v rámci AV ČR.

Biorafinace – progresivní způsob získávání cenných produktů z rostlinné a živočišné biomasy

Cílem této publikace je seznámit zájemce s nově se rozvíjejícím oborem – biorafinací – zabývajícím se ekonomicky výhodným a ekologicky přátelským způsobem získávání cenných produktů z rostlinné a živočišné biomasy. Tyto produkty jsou využitelné v řadě odvětví zemědělského, potravinářského a spotřebního průmyslu i jako energetické zdroje a paliva. Významnou předností je využívání domácí surovinové základny, při účinném propojení akademických pracovišť a podnikatelských subjektů. Jsou zmíněny současné konkrétní možnosti a aplikace biorafinace, její užití ve světě a pozice v České republice. Je osvětlena role biorafinace pro produkci biopaliv a energie. Je ukázána náplň vědecké a aplikační činnosti v oblasti biorafinačního výzkumu a ve vývoji realizovaném v Centru biorafinerie BIORAF, které sdružuje pod záštitou Ústavu chemických procesů AV ČR další významná akademická pracoviště (Botanický ústav AV ČR, Ústav biochemie a mikrobiologie VŠCHT v Praze, Ústav biotechnologie VŠCHT v Praze, Ústav analýzy potravin a výživy VŠCHT v Praze) a podnikatelské subjekty (Ecofuel, s. r. o., Praha, Rabbit Trhový Štěpánov, a. s., Briklis, s. r. o., Malšice, Agra Group, a. s., Střelské Hoštice).

Co to je biorafinace?

Biorafinace je soubor biorafinačních procesů konverze biomasy prováděných ve vhodných zařízeních, separátorech a bioreaktorech, které komplexně využívají biomasu s cílem získání obnovitelné energie, např. v podobě biopaliv, a současně nebo v úzké návaznosti k výrobě nových (chemických, farmaceutických, kosmetických, potravinářských) produktů s vysokou přidanou hodnotou.

Dosažení takových cílů je možné jen na základě využití dostupných a hlavně nových vědních poznatků z oblasti biologie, mikrobiologie, botaniky, chemie, biochemie, chemického inženýrství a bioinženýrství, které lze za tímto účelem syntetizovat do nově se utvářejícího oboru, který lze nazvat biorafinačním procesním inženýrstvím.

Jediným obnovitelným zdrojem, nositelem uhlíku, je hmota organického původu – **biomasa**. Naprostá většina energeticky a materiálově využitelné biomasy připadá na fytomasu, která vzniká za působení sluneční energie, oxidu uhličitého a vody chemickou reakcí – fotosyntézou. Základní zjednodušený model fotosyntézy lze zapsat:

Oxid uhličitý + voda + (sluneční) energie →
→ katalyzátor (zelený chlorofyl v buňkách) → glukóza + kyslík

Biomasa fotosyntetického původu je jako nezastupitelná živina sekundárně zdrojem biomasy živočišného původu.

Biomasa jako surovina obsahuje řadu využitelných složek, jako je lignin, celulóza, hemicelulóza, škrob, lipidy, surfaktanty, silice, keratin, apod. Při biorafinačním procesu dochází k mechanické, termické, chemické a biochemické přeměně (konverzi)

biomasy na žádané produkty. Využíváme přitom poznatků biorafinačního procesního inženýrství. Biomasu vhodnou pro využití v biorafinačním procesu buď záměrně pěstujeme (rostlinná biomasa), nebo chováme (živočišná biomasa), případně výhodně využíváme jejich odpadní komponenty. Jedním z nejdůležitější cílů využití biomasy v biorafinačním procesu je proto materiálové a energetické využití odpadů generovaných z předchozích technologických zpracování biomasy (v zemědělském a potravinářském průmyslu) a jejich zpracování na ušlechtilé produkty a energii.

Sluneční energii konzervovanou v biomase lze řízeně využít jako obnovitelný zdroj energie a biomateriálů. V biomase, jako jediné hmotě na Zemi, se tak prolínají fenomény využitelné v zemědělství, potravinářství, energetice, chemii a v řadě odvětví spotřebního průmyslu. Biomasa je současně základní potravinou pro živočichy a její uvědomělé pěstování vedlo k rozvoji zemědělství a k lidskému pokroku.

Biorafinační procesní inženýrství zde chápeme jako disciplínu, která popisuje chování biomasy při biorafinačním procesu, na tomto základě navrhuje reaktory pro chemickou, termickou a biologickou přeměnu biomasy na žádané produkty a postupy a zařízení pro separaci těchto produktů pro jejich další využití. Tyto operace experimentálně ověřuje a poté navrhuje technologii výroby daného produktu, která musí být účinná, ekonomicky schůdná a šetrná k životnímu prostředí. Cílem je získávání nových produktů s vysokou přidanou hodnotou tak, aby se využila pokud možno veškerá biomasa, přičemž prvořadá je snaha biomasu využít komplexně, tj. materiálově nevyužitý zbytek dále využít energeticky, jako krmivo, hnojivo, atd.

Biorafinaci vnímáme jako analogii existujících a široce provozovaných procesů rafinace neobnovitelné fosilní ropy. Při rafinaci ropy, za aplikace různých procesních stupňů a tzv. jednotkových operací (termochemických a difuzních procesů, jako jsou např. rektifikace, hydrogenace, extrakce, absorpce, apod., jejichž studium a návrh aparatur je předmětem tzv. chemického inženýrství), získáváme řadu paliv (např. benzin, naftu, minerální oleje) a chemických produktů (zejména polymerů) nezbytných pro fungování společnosti. Obdobně biorafinací získáváme z biomasy energii, paliva, nové materiály a chemické (bio)produkty. Jednotkové operace jsou přitom při biorafinačním procesu obvykle rozdílné než u chemických technologií a jedná se zejména o jednotkové procesy zaměřené na tuhé fáze, například mletí vláknitých materiálů, extrakce tuhá látka – kapalina (biodegradabilními solventy) atd.

Výhoda biorafinace ve srovnání s rafinací ropy vychází z větší rozmanitosti surovin, nevýhodou je množství procesních kroků, které je nutno pro získání výrobku biorafinací aplikovat, přičemž většina biotechnologií je ještě ve stadiu předkomerčním. Tím větší výzvu dnes biorafinace pro vědu a udržitelný rozvoj společnosti představuje. Současně je **biorafinace založená na obnovitelných zdrojích** a jejich komplexním (simultánním) zpracování na nové chemické produkty, elektrickou energii a teplo nebo motorová biopaliva, s důrazem **na využívání odpadů**. Významně pozitivně řeší i problematiku životního prostředí, která je u tradičních (fosilních) zdrojů společností často vnímána problematicky.

Obrovská společenská výhoda biorafinace spočívá též v tom, že na rozdíl od průmyslu založeného na zpracování neobnovitelných fosilních zdrojů (z nichž ropu a zemní plyn je nutno dovážet) je biorafinace nejnadějnější cestou pro vznik nových průmyslových možností využívajících domácích obnovitelných zdrojů.

Pro názornost funkce biorafinačního procesu uvádíme některé instruktivní příklady získání žádaných produktů biorafinací, s využitím kooperace a vzájemné vazby ve směru surovina (odpad) → produkt mezi účastníky procesu: výrobci a producenti surovin (agro-odpadů) → výzkum → vývoj produktu → recyklace produktu nebo → vývoj a komercializace nového produktu s vysokou užitnou hodnotou.

Mikrořasy jako krmiva a krmná aditiva

Producent bioplynu z odpadů z provozování zemědělské výroby poskytuje z kogenerace odpadní oxid uhličitý, který je spolu s částí odpadní kejdy využit v návazném fotobioreaktoru (navrženém na základě výzkumu v procesním inženýrství) pro kultivaci mikrořas (vyšlechtěných na základě výzkumu ve fytologii), které jsou součástí krmných směsí (zvyšují např. podíl omega-nenasycených mastných kyselin ve vejcích).

Inulin z topinamburu jak potravinářská surovina

Producent topinaburu (nejvhodnější kultivary se zvýšeným obsahem inulinu vhodné pro danou lokalitu byly vyšlechtěny na základě botanického výzkumu) poskytuje hlízy, z nichž se na základě ověřeného optimáního způsobu řadou procesních chemickoinženýrských kroků získávají ve vhodné čistotě produkty na bázi inulinu, ze kterých další výrobce vyrábí a komercializuje potravinové doplňky vhodné pro diabetiky; rostlinný odpad se zpracovává k tomu účelu vyvinutým strojním zařízení do briket využitelných energeticky.

Proteinové hydrolyzáty jako krmiva a krmná aditiva

Producent jatečné drůbeže poskytuje obtížně zpracovatelný odpad (peří, chrupavky), který je na základě výzkumu optimálně hydrolyzován – chemicky, subkritickou vodou nebo enzymaticky – na koktejl produktů na bázi proteinů, který je možno recyklovat zpět výrobci, např. jako krmné aditivum v chovu prasat nebo jako hnojivo s pomalým uvolňováním živin.

Ekopaliva z energetických plodin

Na základě botanického výzkumu jsou vybrány pro danou lokalitu nejvhodnější druhy energetických rostlin.

Bionafta z živočišných tuků jako palivo

Odpadní tuky z živočišné výroby jsou vhodnými destrukčními technikami (působením mikrovln či ultrazvuku, hydrolýzou vodou za vysokých teplot a tlaků atp.) transesterifikovány na estery mastných kyselin, které jsou recyklovány výrobci odpadu do mixu s fosilní naftou.

Nutraceutika vzniklá biorafinačními postupy

Patří k nim polynenasycené mastné kyseliny extrahované z řas, hydrolyzované kolagenní preparáty jako chondroprotektiva (kolagen a kyselina hyaluronová), bioaktivní látky, extrakty z rostlin (např. karotenoidy).
Na základě doporučení botanického výzkumu jsou pěstovány vhodné rostliny obsahující bioaktivní látky, které jsou pak extrahovány nově vyvinutými nebo optimalizovanými zdravotně a environmnetálně kompatibilními postupy (subkritickými nebo superkritickými extrakcemi oxidem uhličitým a vodou, pulzním elektrickým polem, ultrazvukem, mikrovlnami, enzymaticky, iontovými kapalinami) za účelem získání alkaloidů, fenolických látek, terpenů apod., které jsou dalším účastníkem projektu aplikovány do komerčních produktů. Obdobně jsou odpady z živočišné výroby zpracovány na vhodné potravinové doplňky.

Ve většině případů biorafinačního procesu je nezbytný badatelský výzkum v úzké návaznosti na aplikační. Taková cesta je náročná i časově. Uvádíme možné příklady.

Biopolymery na bázi obnovitelných zdrojů

Využitím odpadů z agro průmyslu (ovoce, syrovátka, řepné řízy, apod.) se optimalizují vhodná fermentační média pro kultivace nových bakteriálních kmenů, z kterých se po ověření jejich funkčnosti extrahují tzv. polyhydroxyalkanoáty (výzkum vhodných technik je nutný), ve kterých tušíme nejvhodnější surovinu pro tuzemský trh schopnou konkurence se zahraničními výrobci. Následuje vývoj produktu – obalu z polymerního základu. Experimentálním odběratelem v první fázi uvádění na trh bude producent vstupního odpadu, který bude plastový výrobek zavádět k balení svých výrobků.

Stimulátory růstu

Na využití hydrolyzátu rostlinné biomasy pro přípravu fertilizačního roztoku obohaceného o růstové fytohormony (jako jsou gibereliny a auxiny) na komerční bázi (postřiky rostlin, klíčení sladu apod.) není v současné době ani v ČR ani mimo ČR žádná reference; bude předmětem výzkumu a ověřování.

Koncepce biorafinace

Průmysl chemie biomasy, založený na principu biorafinace, bude koncepčně vycházet z jiných základních chemikálií, než je tomu v petrochemii. Teoreticky je sice možno většinu petrochemických produktů (uvádí se až 80 %) získat i biorafinací (prakticky je to možné např. v produkci alifatických uhlovodíků), ale bylo by to v řadě případů dosažitelné s menšími výtěžky a nesrovnatelně vyššími náklady.

Na druhé straně, významnou řadu chemických produktů nezbytných pro zajištění základních potřeb společnosti by nebylo možné, nebo jen s obtížemi a značným energetickým výdajem připravit na bázi fosilních zdrojů (např. nenasycené mastné kyseliny, antibiotika, fytohormony, apod.).

Největší roli v chemii biomasy bude hrát její karbohydrátová frakce. Její složky budou biologicky nebo chemicky konvertovány na základní chemikálie, funkčně analogické základním (platformním) petrochemickým chemikáliím (etylen, propylen, olefiny, benzen atp.). Tyto tzv. bio-platformní molekuly zahrnují řadu látek, z nichž můžeme uvést např. glycerol (odpadá při výrobě biopaliva MEŘO – metylesteru řepkového oleje), kyselinu jantarovou (vzniká fermentací z cukerných hydrolyzátů), butanol (fermentační produkt s vyšší energetickou zásobou než etanol, mísitelný do fosilních paliv, výchozí chemikálie pro návazné chemické syntézy apod.) a řadu dalších (cca kolem 30), které byly vybrány s vědomím, že obsahují reakční skupiny dovolující jejich další chemické zpracování na žádané výrobky, a to i takové, které nelze z petrochemických surovin ani vyrobit.

Biorafinačním postupem tak lze z obnovitelných zdrojů biomasy získat takové platformní chemikálie, které mohou v blízké budoucnosti zcela změnit tvář průmyslové chemie.

Třicet top-platformních chemikálií
(převzato z Pacific Northwest National Laboratory a National Renewable Energy Laboratory, https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/35523.pdf, 2004)

Počet uhlíků v molekule látky	Platformní chemikálie
1	oxid uhličitý a vodík (syngas)
2	žádná [a)]
3	glycerin, kyselina hydroxylpropionová, kyselina mléčná, kyselina malonová, kyselina propionová, serin
4	acetoin, kyselina aspartová, kyselina fumarová, 3-hydroxybutyrolakton, kyselina malová, kyselina jantarová, threonin
5	arabinitol, furfural, kyselina glutamová, kyselina itaconová, kyselina levulinová, prolin, xylitol, xylonová kyselina
6	kyselina acenitová, kyselina citronová, kyselina 2,5-furandikarboxylová, kyselina glukarová, lysin, levoglukosan, sorbitol

a) Sloučeniny obsahující 2 atomy uhlíku (jako kyselina octová nebo acetanhydrid), které mají menší potenciál materiálového využití v karbonové chemii, a C3 sloučeniny (jako aceton), které jsou známými petrochemickými produkty, zde nejsou zařazeny. Na komerční úrovni jsou již z biomasy navíc produkovány vodík, čpavek, metanol, alkoholy a aldehydy.

Náhrada surovin na fosilní bázi produkty biorafinace přírodního materiálu

Základní chemie kyseliny jantarové je podobná chemii kyseliny maleinové vyrobené z petrochemické suroviny. Kyselina maleinová je organická dikarboxylová a nenasycená kyselina. Je možné ji připravit oxidací benzenu a následnou hydratací. Kyselina maleinová se používá k výrobě plastů. Kyselina jantarová je vyrobena biochemicky např. z glukózy geneticky ošetřenými kmeny *Escherichia coli* nebo mikroorganizmem *Anaerobiospirillum succiniciproducens*.

Kyselina jantarová má potenciál být klíčovým stavebním kamenem pro výrobu komoditních i speciálních chemikálií jinak získávaných z ropy, jako je např. 1,4-butandiol, γ-butyrolakton, tetrahydrofuran, 2-pyrrolidon, N-methylpyrrolidon (mj. vynikající biodegradovatelná rozpouštědla, základní bloky pro polyestery). Badatelská činnost za současné aplikace principů biorafinace může být zaměřena na využití lacinějších substrátů namísto glukózy, například glycerinu, který je odpadním produktem mj. při transesterifikaci odpadních tuků z farem chovu hospodářských zvířat.

Jiným příkladem různých polymerizačních reakcí využívajících stavební bloky látek produkovaných biochemicky (viz tabulku výše) je tvorba (biodegradabilních) biopolymerů, které do značné míry nahrazují plasty produkované na bázi fosilních surovin. Karboxylové skupiny platformních chemikálií mohou reagovat s aminoskupinami a produkovat polyamidy.

Kyseliny s dvěma atomy uhlíku mohou polymerizovat s různými alkoholy (bioprodukty) za vzniku řady polyesterových vláken. Polymerizace hydroxykyselin (kyselina mléčná, k. 3-hydroxymáselná, k. 3-hydroxypropionová) poskytuje řadu biodegradabilních polymerů, např. polyhydroxyalkanoátů.
Výroba kyseliny jantarové i příprava biopolymerů na bázi mikroorganizmů pěstovaných na substrátech získaných biorafinací ze zemědělských odpadů jsou předmětem výzkumu prováděného v rámci projektu BIORAF (viz dále).

Biomasa je jedinečná tím, že má energetické, chemické i potravinářské využití. Její zpracování se tak týká zdravotnictví, medicinální diagnostiky, farmacie, ochrany životního prostředí, zemědělství, potravinářství, kosmetiky i produkce biopaliv.

Příklad výzkumu zaměřeného na optimalizace sklízení řas (ÚCHP AV ČR)
Řasy po jejich nárůstu ve fotobioreaktoru je nutné sklidit. Dosavadní způsoby zahuštění řas centrifugací nebo speciální filtrací jsou velmi nákladné a prakticky vylučují komerční využití. Je proto vhodné řasy před dalším užitím (např. před extrakcí oleje a dalších bioaktivních látek, hydrolýzou atp., popř. dezintegrací) zahustit z jejich sklizňové koncentrace (podle typu fotobioreaktoru 1–30 g/l) na suspenze hustoty kolem 200 g/l. Výhodné je řasy, jejichž povrch nese obvykle negativní elektrický náboj, vysrážet do vloček, které sedimentují, a to např. přídavkem amoniaku (při recyklaci růstového vodného média se poté využije jako živina). Výzkum ukázal, že flokulace (tvorba vloček) u řas významně závisí na pH a řadě dalších faktorů (např. na iontové síle roztoku), přičemž řasy i stejného rodu *Chlorella vg.* koagulují a sedimentují různě ochotně v závislosti na složení chemických skupin na povrchu membrány.

Konkretizace průmyslového užití biotechnologií a biorafinace pro nové chemické výrobky

Mikrobiální buňky a enzymy se už po tisíciletí využívají k získávání cenných produktů. Před několika dekádami byla biokatalýza implementována i do chemického průmyslu. Příkladem může být použití acyláz, hydantoináz a aminopeptidáz pro produkci opticky čistých aminokyselin a užití nitril hydratázy pro enzymatickou velkoobjemovou produkci akrylamidu z akrylonitrilu nebo nových typů plastů, defoliantů, léčiv (antibiotik) a doplňků stravy. Velké chemické společnosti začaly na přelomu století značnou část svých zisků generovat právě biotechnologiemi (nové enzymy pro organické syntézy, nová antibiotika) a jak vývoj ukazuje, zahrnují biotechnologie do svého portfolia ve stále větší míře.

Plasty

Obava z perzistence petrochemických plastů v přírodě neustále vyvolává zájem o bioplasty. Některé z nich (např. na bázi polyhydroxymáselné kyseliny, polymery příslušející do třídy polyesterů) jsou známé již od roku 1925. Bioplasty jsou sice přátelské k životnímu prostředí, ale jejich cena je doposud vysoká. Obdobně jako dříve polyhydroxybutyrát, studují se nyní i jiné polyhydroxyalkanoáty. Výroba je fermentační, za použití různých typů neustále inovovaných kmenů bakterií, se snahou snižovat náklady.

Za převratný je považován způsob vyvinutý DuPontem, kdy je za použití geneticky manipulovaných nejjednodušších mikroorganizmů (*Escherichia coli*) fermentačně konvertován cukr ze škrobu na 1,3-propandiol, který je startující složkou pro polypropylen tereftalát, plast s velmi žádanými vlastnostmi pro textilní průmysl. Modifikace tohoto postupu je ověřována mj. i v projektu BIORAF.

Kosmetika, mýdla, detergenty

Enzymy se přidávají do různých výrobků, např. v detergentech jsou obsaženy až v jednotkách procent, aby se snížil obsah fosfátů způsobujících eutrofizaci povrchových vod. Enzymy produkované geneticky manipulovanými organizmy jsou do detergentů přidávány již od osmdesátých let 20. století.

Bioenergie a biopaliva

V koncepci biorafinace je výroba energie a paliv pokládána za nedílnou součást komplexního využívání biomasy, pozornost není však soustředěna pouze na biopaliva.

Novou výzvou je pokusit se alespoň částečně nahrazovat energetické produkty, chemikálie a polymery generované z ropy a zemního plynu z obnovitelných zdrojů. Významnou komoditou se tak mohou stát zejména kapalná motorová biopaliva typu biodieslu. Motivy pro zavedení motorových paliv jsou: snížit závislost na fosilních palivech, zabrzdit hromadění oxidu uhličitého v atmosféře, využít možností lokálních obnovitelných zdrojů energie nezávislých na fosilních palivech a zároveň tak zvýšit zaměstnanost.

Máme přitom na zřeteli, že obnovitelné zdroje nemohou zcela uspokojit potřebu energie a paliv, protože dostupnost jejich surovinové základny – biomasy – je co do objemu limitovaná. Je však teoreticky možné, že se takové plochy pro pěstování rostlinné biomasy pro biopaliva v doposud nevyužívaných oblastech objeví, jak to lze v současnosti pozorovat v některých tropických oblastech, ovšem na úkor původní vegetace.

Z řady důvodů (sociálních, politických, environmentálních) produkce biopaliv (bioplyn, bionafta, biolíh a biovodík) přitahuje značnou pozornost vědců, podnikatelů a ekonomů. S výjimkou biovodíku jsou již výroby všech zmíněných energetických zdrojů provozovány v komerčním i pilotním provedení. Biokonverze lignocelulózové biomasy na cukry a jejich fermentace na etanol je již řadu let laboratorně ověřována (včetně enzymatické hydrolýzy), tento způsob zůstává stále otevřený pro průmyslovou aplikaci. Obdobně způsoby termické konverze dřevní biomasy na syngas a následné zpracování na tekuté palivo modifikovanou Fischerovou–Tropschovou metodou je zvládnuto a dokonce i komerčně nabízeno, ale náklady na výrobu paliva a limitovaná dostupnost vhodné biomasy brání průmyslovému rozšíření. Využívání řepkového oleje na přípravu bionafty je všeobecně známé (např. v ČR je oseto řepkou kolem 330 000 ha). Diskuze o biopalivech 1. a 2. generace probíhají na všech společenských a odborných úrovních. Společenská kritika biopaliv 1. generace vyvolala zájem o paliva tzv. 2 generace, která jsou z etických důvodů upřednostňována (nevyužívají surovinu zhodnotitelnou jako potravina). Surovinou je hlavně míněna lignocelulózová biomasa a při výběru surovin je kladen důraz zejména na odpady (odpadní dřeva, olej z vaření, tálový olej, biodegradabilní část komunálního odpadu, olejnaté rostliny nevyužívané k potravinářským účelům, trávy, energetické rostliny, odpady z průmyslu živočišné výroby, výroby cukru, apod.).

Obr. 1 Uzavřený fotobioreaktor ÚCHP, zdroj oxidu uhličitého z kogenerace bioplynové stanice
Ukázka biorafinačního přístupu: bioplyn je generován z mixu prasečí kejdy + kukuřičné siláže, plyn je spalován v kogenerační jednotce, tepelná energie z kogenerace je využívaná pro vyhřívání skleníku na komerční pěstování bylin, kejda je vyvážena jako organické hnojivo (zařízení spol. Renergie s.r.o). Část kejdy lze výhledově využívat jako nutrient pro kultivaci řas, řasy lze využít jako zdroj lipidů

Vůdčími technologiemi pro výrobu biopaliv 2. generace jsou v současnosti se rozvíjející technologie tzv. HVO (Hydrotreating of Vegetable Oils) pro získání parafinů, fermentace sacharidů z lignocelulózové biomasy na etanol, metanol a butanol, procesy pyrolýzy v různých podobách (pomalá, rychlá, flash, gasifikace) pro výrobu tzv. bioolejů (směsi organických látek určených jako surovina pro výrobu kapalných biopaliv) nebo zejména tzv. syntézního plynu (vodík + oxid uhelnatý), který je po úpravě zpracován na tzv. BtL (Biomass to Liquid) palivo (v podstatě totožné s dieselem) způsobem Fischerovy–Tropschovy syntézy nebo na bioetanol.

Předpokládá se, že pro paliva 3. generace budou surovinou mikrořasy nebo mořské makrořasy. Paliva 2. a 3. generace se někdy označují jako tzv. pokročilá biopaliva (advanced biofuels).

Řasy

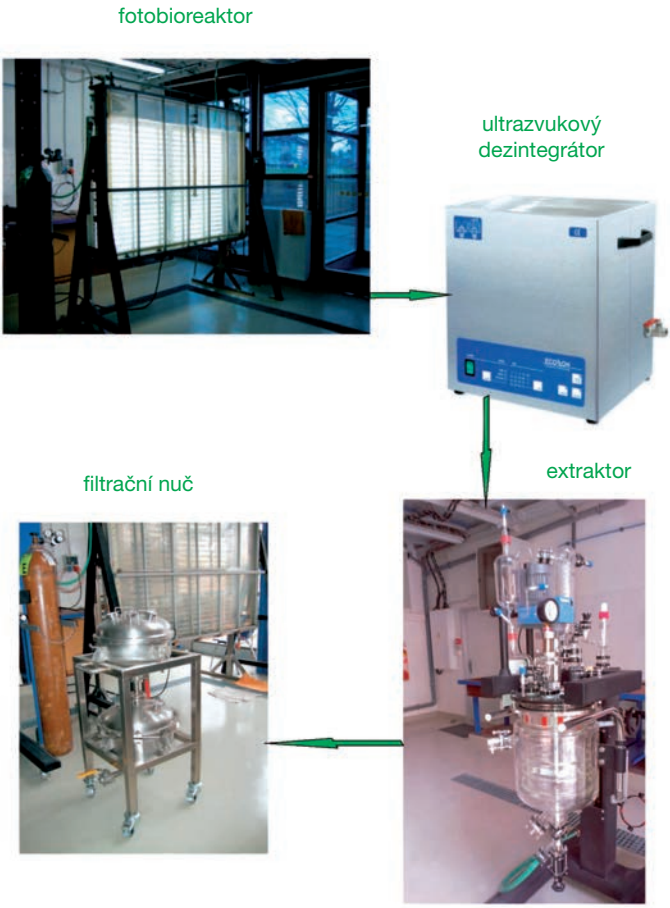
Mikrořasy mohou obsahovat až 70 % škrobu, případně až 50 % oleje, který je složením velmi podobný rostlinným olejům. Velkoobjemové pěstování řas je prozatím vyřešeno hlavně pro rychle rostoucí řasy, např. rodu *Chlorella*. Je zde obrovský prostor pro výzkum v oblasti kultivace nových kmenů (bohatých na obsah škrobu nebo lipidů) a jak urychlování růstu řas, tak zvyšování obsahu olejů. Vedle fototropních bioreaktorů (potřebujících světlo) je zde velký prostor pro optimalizace vhodných typů autotrofních fotobioreaktorů (na bázi fermentační produkce řas, což je nový a pro průmyslovou produkci řas současný výzkumný trend).

Venkovní otevřené fotobioreaktory (tzv. autotrofní reaktory) jsou konstrukčně jednoduché, ale zabírají značnou plochu. Jsou vhodné pro rychle rostoucí jednoduché fotosyntetizující řasy, které zde dosahují relativně nízkých konečných koncentrací. Pomalu rostoucí řasy s vysokým obsahem lipidů a jiných bioaktivních látek jsou zde rychle potlačeny růstem náletových rychle rostoucích řas. Pro takové řasy jsou vhodné nákladnější uzavřené typy fotobioreaktorů nebo tzv. heterotrofní reaktory (fermentory nebo mixotrofní bioreaktory).

Mixotrofní bioreaktory pracují jako fermentory (tj. uhlík potřebný k růstu řas získávají z vhodného sacharidu a respirace kyslíku – viz rovnici fotosyntézy probíhající zprava doleva), ale umožňují současně asimilaci uvolněného oxidu uhličitého fotosyntézou.

Řasy poskytují též řadu žádaných produktů pro potravinářství, farmacii a kosmetiku (nenasycené omega 3- a 6- mastné kyseliny, karotenoidy, vitamíny, růstové

Obr. 2 Plošinový otevřený pilotní fotobioreaktor BÚ AV ČR (typ MBÚ AV ČR)



Obr. 3 Sekvence sklizně řas a jejich využití pro získávání bioaktivních látek v pilotním uspořádání ÚCHP AV ČR

faktory, chlorofyl apod.), značný obsah bílkovin je předurčuje i jako doplněk stravy a krmiv. Výtěžnosti řas vztažené na plochu potřebnou k pěstování jsou mnohem vyšší než u hospodářských rostlin. Například při produktivitě sušiny řas se 40% obsahem oleje v množství 20 g/m^2/den (což je splnitelný předpoklad) lze při cca 100 dnech roční produkce teoreticky získat 8 tun oleje na hektar. Tento olej by měl vlastnosti srovnatelné s řepkovým olejem (při výtěžnosti cca 4 tuny řepkového semene s 40% obsahem oleje na hektar lze získat pouze 1,6 tuny oleje na hektar). Nicméně takto produktivní řasy, využitelné např. pro výrobu biopaliv typu bionafty, bude zřejmě obtížné pěstovat v otevřených fotobioreaktorech. Investiční náklady by prozatím byly vysoké a bude třeba využít možných přínosů genetického inženýrství. Ačkoliv laická i odborná veřejnost se o biopaliva zajímá, její postoj je v současnosti rozporný.

Velmi nadějnou technologií může být příprava biobutanolu ze škrobu řas nebo z celulózových odpadů aplikací kmene bakterií rodu *Clostridium*. Biobutanol je energeticky bohatší než bioetanol, je méně korozivní, netěkavý a výroba by nenarážela

na odpor veřejnosti, který v současné době zaznamenáváme v souvislosti s výrobou bioetanolu na bázi obilí nebo kukuřice či bionafty na bázi řepky (výhrada spočívá v tom, že je to na úkor výživy populace). Je naléhavé vyšlechtit velmi účinné mikroorganizmy pro výrobu biobutanolu ze zmíněných netradičních zdrojů, jde o jednu z největších výzev v příspěvku mikrobiologie pro průmysl paliv.

Energetické rostliny

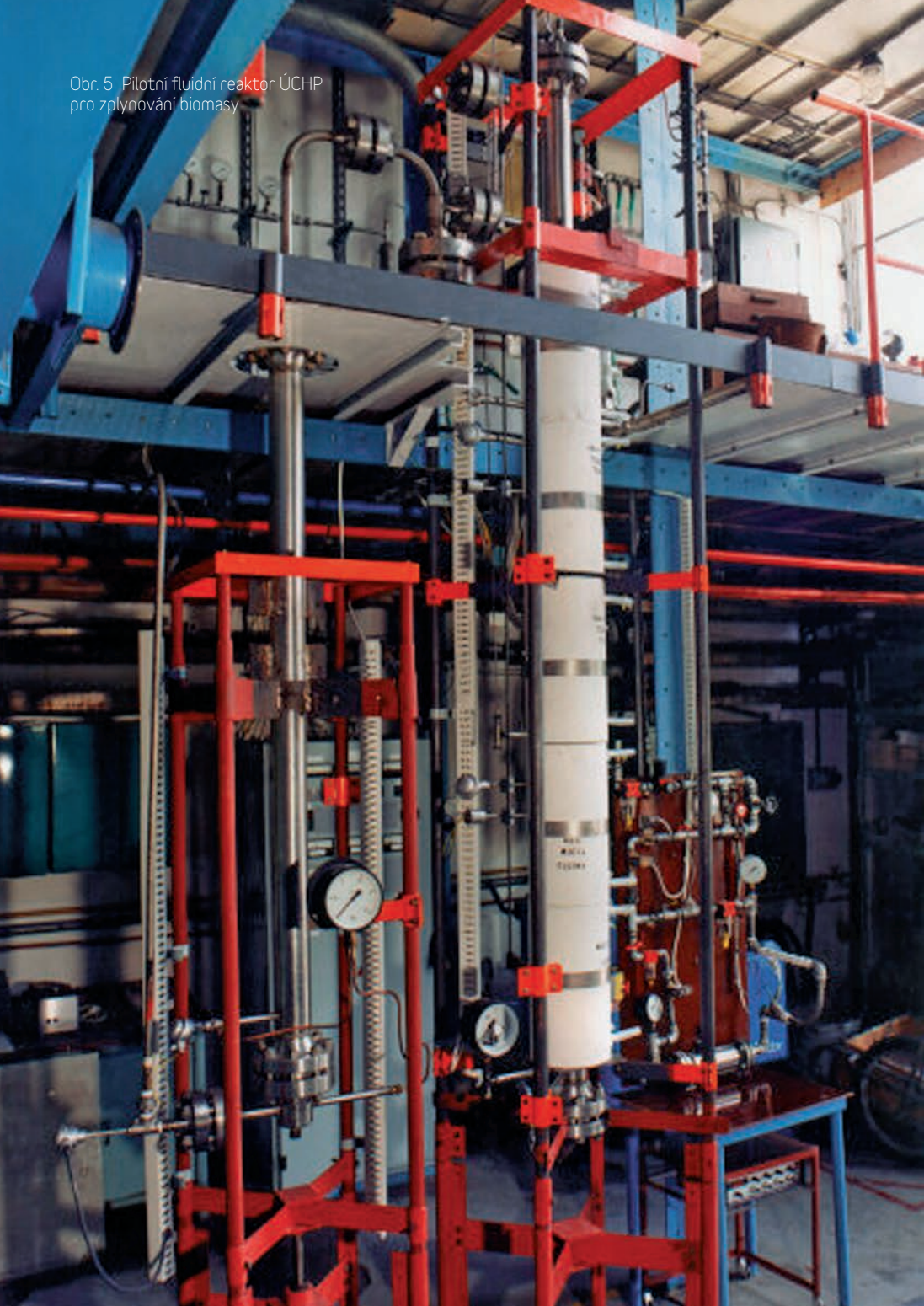
Rychle rostoucí rostliny (vrba, topol, *Miscanthus* atp.) jsou v současnosti předmětem zájmu (výtěžnosti dendromasy jsou až 10t/ha/rok).

Jako příklad biorafinačního procesu lze zmínit využití slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus* L., 1753). Přímá lodyha dorůstá výšky až 3 m a obsahuje mimo jiné dietně příznivý polysacharid inulin, který z ní lze izolovat a využít do řady produktů, např. potravinových doplňků pro diabetiky.

Zplynování dřevní biomasy

Tato technologie se ukazuje jako velmi perspektivní, zejména pro výrobu tzv. biooleje pyrolýzou nebo zplynování dřevních štěpků na syntetický plyn (směs $CO + H_2$,

Obr. 4a Slunečnice topinambur
Obr. 4b Bal hlíz topinamburu
Obr. 4c Brikety ze zbytku rostliny po extrakci a čištění inulinu (ÚCHP AV ČR)



Obr. 5 Pilotní fluidní reaktor ÚCHP pro zplynování biomasy

případně se stopami CO_2), který může být dále využit k výrobě kvalitního paliva (BtL procesy). Moderním procesním způsobem zplynování je fluidní technika. Zplynování dřevní biomasy je výhodné zejména při aplikaci energetických rostlin využívaných při tzv. fytoremediaci zamořených půd (rostliny svým kořenovým systémem rozloží nebo „nasají“ škodliviny z půdy), procesu vhodném např. pro separace těžkých kovů ze zamořených půd. Těžké kovy jsou po zplynování enkapsulovány do pevného uhlíkatého zbytku (tzv. char), resp. do popele, a nepronikají do ovzduší. V rámci biorafinačního přístupu je na ÚCHP prováděn mj. výzkum zplynování vhodných (energetických) rostlin po jejich předchozím materiálovém využití (např. extrakce vosků). Odpadní plyny po fluidním zplynování jsou využity energeticky (např. na výrobu motorových paliv nebo tepla), tuhý únos je separován v cyklonu. Popílek může mj. enkapsulovat těžké kovy (v případě, že jsou využívány dřeviny aplikované při fytoremediaci).

Příkladem biorafinačního procesu může být **biorafinace různých lignocelulózových materiálů:**
Vybrané energetické rostliny, resp. odpadní lesní materiál, jsou hydrolyzovány na rozpustné složky (celulózu a hemicelulózu), které jsou mikrobiologicky konvertovány na etanol, nerozpustný lignin může být buď spalován přímo na teplo a elektrický proud, nebo ošetřen gasifikací na obdobu syntézního plynu (H_2, CO, CO_2, CH_4) využitelného jako palivo.

Biorafinační procesní inženýrství a jeho příležitosti

Biorafinace je jedním z vůdčích témat v ÚCHP AV ČR, v. v. i., realizovaných v nejužší spolupráci s partnerskými akdemickými pracovišti a podnikatelskými subjekty.

Vzhledem k nutnosti řešit při biorafinacích současně víceoborovou problematiku je naprosto nezbytné při aplikaci biorafinačního přístupu propojovat badatelskou aktivitu mezi biologickými vědeckými pracovišti zabývajícími se jak mikrobiologickým výzkumem – zejména v oblasti netradičních fermentačních postupů a enzymaticky řízených biochemických reakcí (Ústav biotechnologie VŠCHT, Ústav biochemie a mikrobiologie VŠCHT), tak botanickým výzkumem a výzkumem v oblasti fotosyntytických mikroorganizmů a energeticky a materiálově zajímavých rostlin (BÚ AV), pracovišti zaměřenými směrem k procesnímu inženýrství (Ecofuel, ÚCHP AV) a pracovišti zabývajícími se zpracováním energetických rostin (Agra), přičemž naprosto zásadní se jeví přínos Ústavu analýzy potravin a výživy (ÚAPV VŠCHT Praha) v oblasti analytického stanovení produktů biochemických reakcí.

Zásadní roli v oblasti kultivace řas a ve vývoji bioreaktorů pro jejich kultivaci hraje již desítky let výzkum realizovaný v Mikrobiologickém ústavu AV ČR, který je respektován u nás i v zahraničí. Na tento výzkum navazují práce Botanického ústavu AV ČR v Třeboni, zejména pokud jde o hledání nových kmenů řas s možností jejich biorafinačního využití, BÚ AV ČR v Praze má pak nezastupitelnou roli v oblasti botaniky biorafinačně využitelných rostlin.

Biorafinační vyzkum nelze realizovat bez velmi úzkého napojení výzkumné činnosti na producenty biomasy (Rabbit, a. s., a Agra, a. s.), u nichž probíhá realizace pokusných pilotních stanic a kteří poskytují vědcům důležitou zpětnou vazbu.

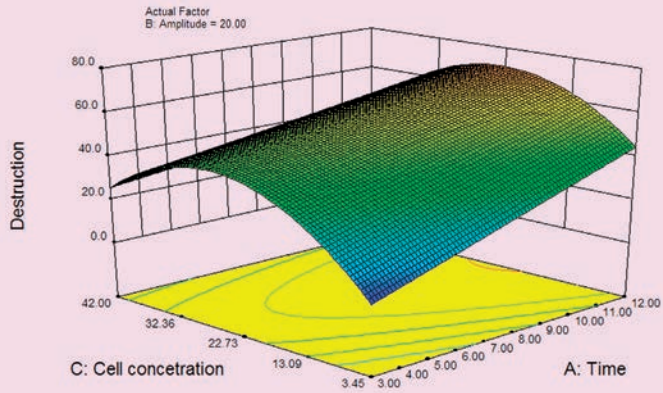
Přínos biorafinačního procesního inženýrství je nezastupitelný v návrhu nových a netradičních technologických aparatur a bioreaktorů, které by nebylo možno realizovat bez součinnosti s organizacemi věnujícími se strojnickému vývoji experimentálních aparatur (Briklis, s. r. o.). Výsledky badatelského výzkumu jsou pak konfrontovány s požadavky producenta biomasy a musí naplňovat potřeby praxe s přihlédnutím k návratnosti vložených prostředků a ochraně životního prostředí. Biorafinace poskytuje značné možnosti, jak ověřit výsledky výzkumu v praxi.

Nové vědní poznatky lze v rámci biorafinačních procesů získat zejména v těchto badatelských oblastech:

- šlechtění a kultivace nových typů mikroorganizmů pro účinné a selektivní realizace nových chemických produktů pro potravinářství, zemědělství, kosmetiku na substrátech, které jsou produktem biorafinace biomasy, při potlačení negativních stresových podmínek;
- šlechtění nových typů mikroorganizmů pro biopolymery na bázi recyklovaných médií jako substrátu (např. odpadního glycerolu);
- mikrobiologie a podmínky pro vypěstování mikroorganizmů produkujících netradiční biopaliva na netradičních (odpadních) substrátech;
- šlechtění a produkce nových kmenů mikrořas produkujících žádané složky s vysokou přidanou hodnotou, včetně biopolymerů, platformních chemických látek, nenasycených mastných kyselin, lipidů a škrobu využitelných jako biopaliva;
- návrh a provozovování nových typů fotobioreaktorů a tzv. mixotropních bioreaktorů pro kultivace řas, srovnání s kultivacemi v heterotropním režimu;
- chemické a enzymatické hydrolýzy netradičních biologických materiálů rostlinného a živočišného původu, a to i za aplikace netradičních technik (mikrovlny, ultrazvuk) s cílem získání produktů využitelných v potravinových doplňcích nebo kosmetice či jako růstové faktory (např. chondroitin, karotenoidy, antioxidanty, paltformní kyseliny – zejména kyselina jantarová, atp.);
- řešení ekonomicky přijatelných způsobů sklízení mikroorganizmů včetně mikrořas a jejich dezintegrace;
- optimální provozování bioreaktorů a fermentorů pilotních rozměrů;
- řešení nových způsobů separace chemických látek z materiálu biologického původu, zejména selektivní extrakcí novými typy rozpouštědel, resp. technik (mikrovnly, ultrazvuk, pulzní elektrické pole, atd.).

Optimalizace vlivu ultrazvuku na účinnost destrukce mikrořas

Řasy jsou díky relativně pevné vnější membráně obtížně přístupné rozpouštědlům pro extrakce biaoktivních látek. Je nutné jejich rozdrcení, které se obyvkle provádí speciálními mlýnky nebo zařízeními využívajícími náhlou změnu tlaku (až z hodnoty 1000 barů na atmosférický tlak), která jsou velmi drahá a prodražují výrobu bioaktivních látek pro komerční účely. Modernější a méně energeticky náročný způsob je rozbití řas ultrazvukem. Je patrné, že vedle doby působení ultrazvuku má na stupeň rozbíjení řas velký vliv také koncentrace řas v růstovém médiu. Výzkum umožnil optimalizovat sklizeň řas tak, aby jejich destrukce byla maximální.



Obr. 6 Výzkum vlivu ultrazvuku na destrukci buněčné stěny mikrořas © Ecofuel s.r.o.

Další probíhající výzkum:

- řešení membránových separací plynů, zejména z bioplynu;
- netradiční vysokotlakové hydrolýzy materiálů biologického původu (subkritickými environmnetálně přátelskými rozpouštědly);
- pilotní aplikace hydrolýzy netradičních biomateriálů z odpadů rostlinné a živočišné výroby (peří, chrupavky drůbeže, hydrolýzy vybraných energetických rostlin obsahujících další cenné chemické látky, separace produktů);
- vývoj nových produktů (kosmetika a potravinové doplňky) na bázi odpadních látek z rostlinné a živočišné zemědělské produkce;
- vývoj nových postupů BtL (Biomass to Liquid) zpracování organických odpadů;
- zpřesňování metodiky LCA (analýza životního cyklu, Life Cycle Analysis) pro bioprodukty a biopaliva vyrobená v biorafinériích;
- nové řešení hmotnostní spektrometrie s desorpční ionizací za atmosférických podmínek (Ambient Mass Spectrometry). Mezi nejčastěji používané techniky patří přímá analýza v reálném čase (DART). V kombinaci s hmotnostním spektrometrem s vysokou rozlišovací schopnosti (orbitrapMS, TOFMS) je možná identifikace ionizovaných látek (na základě získaných přesných hmot iontů), aniž by tyto byly nejprve separovány;
- nové konstrukce bioreaktorů, zařízení pro briketování odpadní biomasy pro energetické účely apod.

Biorafinace v ČR – přínos projektu Biorafinace (BIORAF)

V ČR je metoda biorafinace řešena, mimo jiné, i v rámci projektu Biorafinace, sponzorovaného TAČR. Projekt Biorafinace vychází z koncepce, že v budoucnu budou udržitelné jen technologie bez potřeby dotací. Cíle projektu v trvání 4–8 let jsou:

- vytvořit interdisciplinární centrum s vysokým inovačním potenciálem v oblasti udržitelného využití obnovitelných zdrojů a přivést Českou republiku během 8 let na úroveň vedoucích pozic na poli biorafinací tzv. příštích generací;

- propojit experty z různých vědních oblastí – rostlinných biověd, algologie, analytické chemie, enzymologie, mikrobiologie, chemického a biochemického inženýrství, materiálového inženýrství (biokompozitů) a experty na posuzování životního cyklu s privátním sektorem;
- zajistit udržitelné zdroje biomasy, které nesoutěží s potravinářským užitím zemědělské půdy;
- vyvinout nové pokročilé environmentálně čisté procesy pro biorafinaci biomasy za účelem získání produktů s vysokou tržní hodnotou, zvyšovat tak tržní možnosti zúčastněných společností a vytvářet nové pracovní příležitosti;
- ověřit nové technologie na demonstračních a poloprovozních jednotkách, komercializovat vyvinuté produkty a technologické postupy;
- během 4 let vytvořit nové duševní vlastnictví v oborech biorafinace, zajistit jeho transfer mezi výzkumnou a komerční sférou a pomoci tak rozšířit tržní a exportní příležitosti ČR;
- podpořit české zemědělství a průmysl, výtvořit dlouhodobé investiční příležitosti a podpořit investice do nových technologií s vysokým sociálně-ekonomickým dopadem;
- vzdělávat absolventy a začínající vědecké pracovníky v nových průmyslových odvětvích, vytvořit pracovní příležitosti pro jejich uplatnění;
- přispět k nezávislosti České republiky na fosilních zdrojích a přispět k redukci emisí skleníkových plynů.

Charakteristická a klíčová je pro projekt Biorafinace spolupráce privátní podnikatelské a státní (vědecké a akademické) sféry předpokládající rychlou implementaci výzkumu, který je nákladný, a to zejména na ověřování na sofistikovaných pilotních jednotkách, na screening a identifikace nových bioaktivních látek a na zavádění do praxe.

Další informace lze získat na internetových stránkách Centra kompetence pro výzkum biorafinací BIORAF (http://bioraf.icpf.cas.cz).

Bioaktivní látky z produkce živočišné výroby

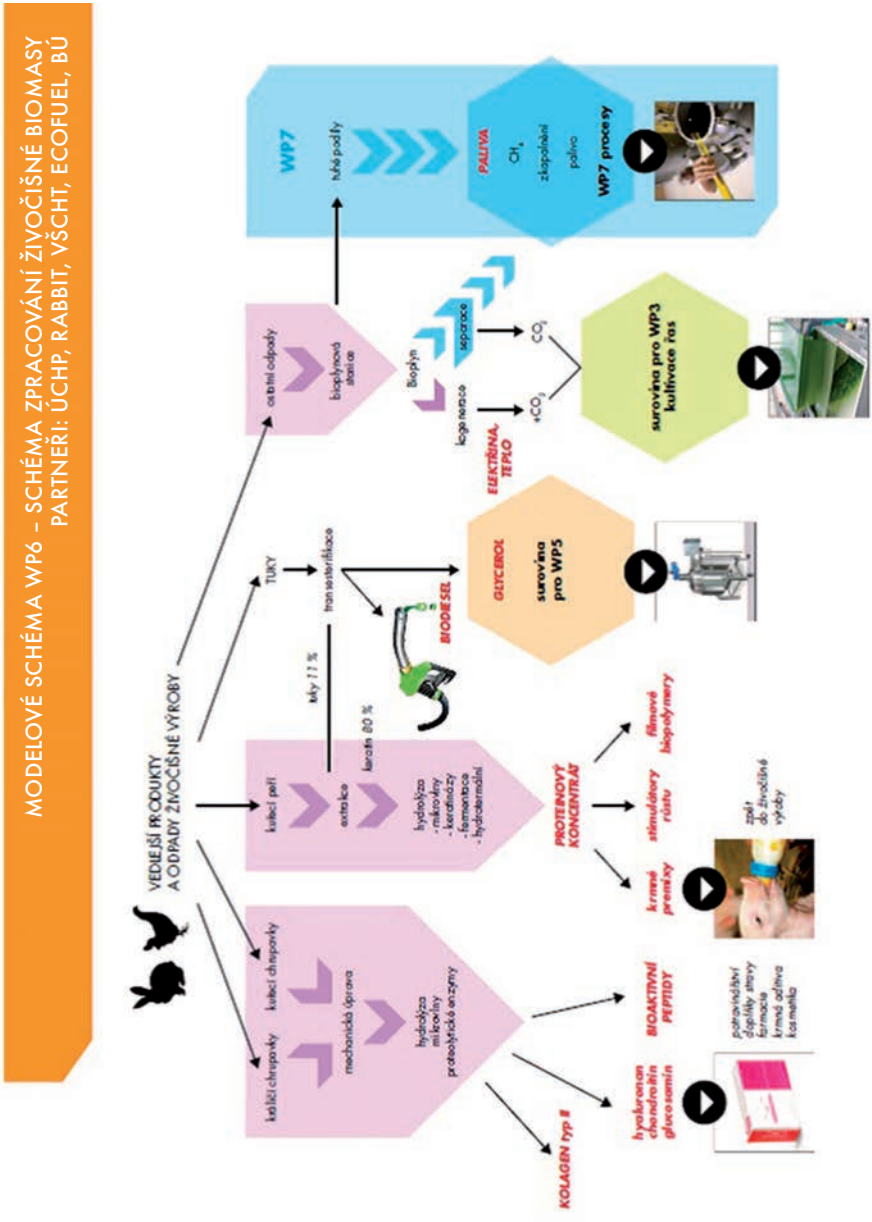
(Příklady vybrané technologie řešené biorafinačním přístupem; ÚCHP AV ČR, VŠCHT, Ecofuel, BÚ AV ČR ve spolupráci s producenty biomasy)

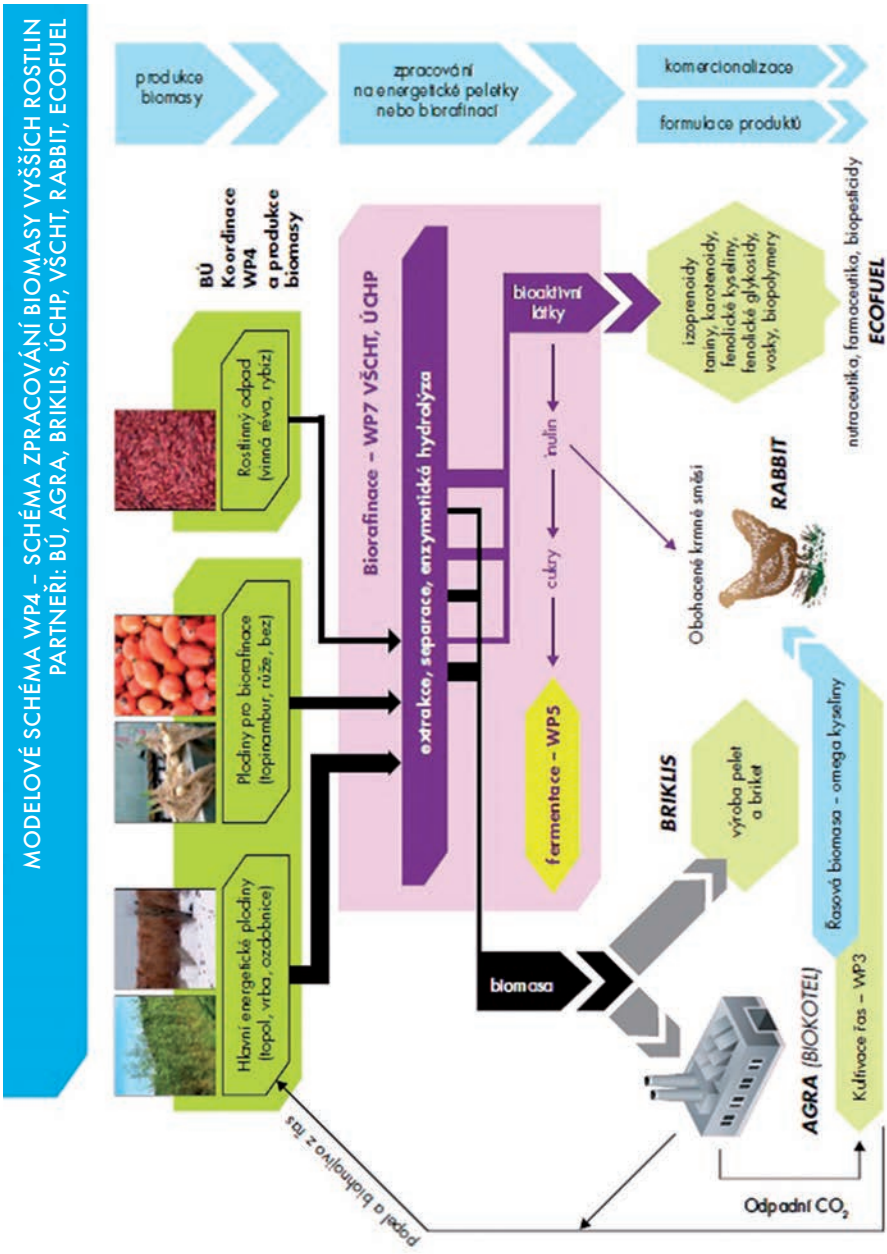
Obsah vedlejších produktů z jateční produkce vepřů, hovězího dobytka a kuřat je v průměru 22 %, 27 % a 46 %. Zdrojem bioaktivních látek (kolagen, chondroitin sulfát, polysacharidové polymery, hyaluronová kyselina) jsou zejména kosti, tuk, peří, běháky (roční produkce kolem 850 tun).

Keratin z peří kuřat lze využít jako krmivo (získávají se peptidy a aminokyseliny tzv. hydrolýzou kyselinami nebo louhem za vyšších tlaků a v poslední době též enzymaticky), **kolagen** (např. z chrupavek, kostí a kůže) nebo jeho chemicky čistá varianta **želatina** se využívá jako přísada do potravin se sníženým obsahem tuku, jako tradiční kloubní výživa dodávající aminokyseliny potřebné k regeneraci chrupavek nebo v kosmetice jako přídavek do krémů a pleťových masek.

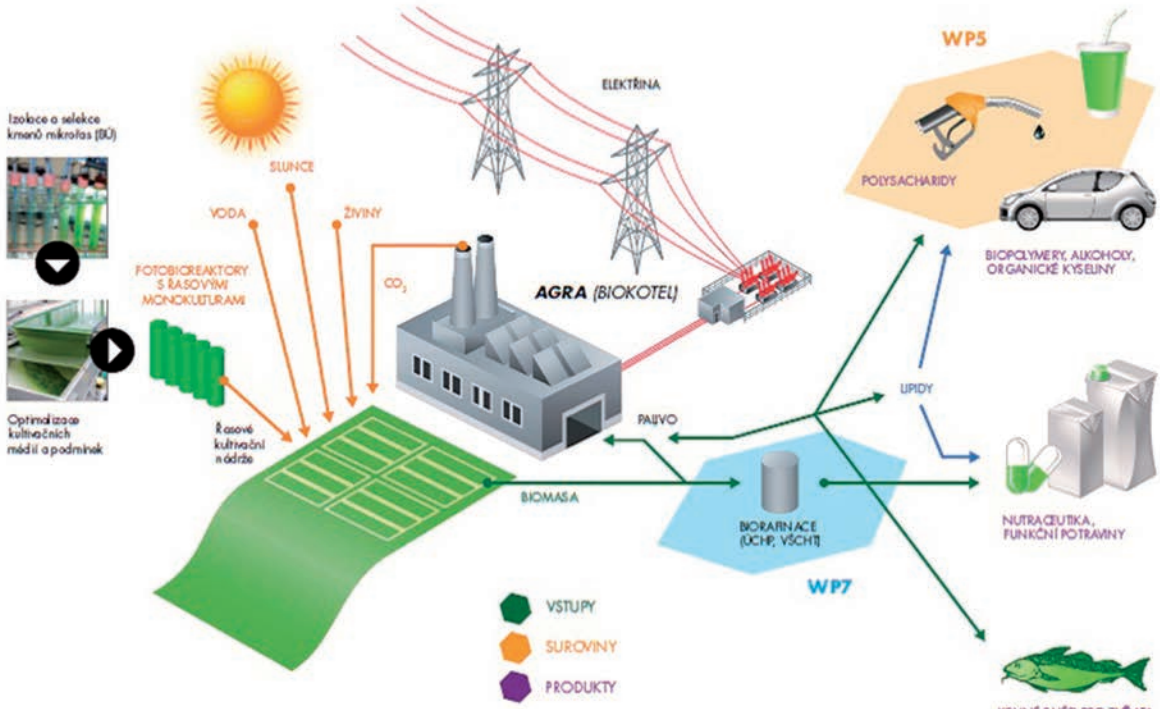
Chondroitin sulfát a hyaluronová kyselina (přirozené biopolymery – glykosoaminoglykany) jsou obsaženy v kloubní hmotě chrupavek, kyselina hyaluronová je v kohoutích hřebíncích a mohou ji produkovat mikroorganizmy (*Streptococcus* ssp., *Pasteurella* ssp.). Užívají se jako častý doplněk stravy, váží vodu v chrupavce a udělují jí pružnost, eliminují vznik kožních jizev, působí protizánětlivě a léčiva na bázi kyseliny hyauluronové se mimo jiné injekčně aplikují do mezikloubních prostor při artróze.
Zbytky z průmyslového zpracování kuřat (kosti, zbytky masa, kůže, tuky, chrupavky) se rozemelou a rozloží proteolytickými enzymy. Získá se směs peptidicko-glykosamidového preparátu, komerčně využitelného jako výživový doplněk. Konverze odpadu byla úspěšně zrychlena aplikací ultrazvuku.
Byla patentována (Ecofuel, VŠCHT, ÚCHP) nová metoda tepelně závislé extrakce různě polárních bioaktivních látek včetně **polysacharidů** (využitelných v kosmetice) a **omega--polynenasycených mastných kyselin** (pro potravinové doplňky) z vyšlechtěných zelených mikrořas (BÚ) za aplikace mikrovln a nižších alkoholů (etanol, metanol, glycerin, isopropylalkohol) a hexanu v různých kombinacích polarity a teplot (–20 °C, 4 °C, 20 °C, 80 °C) a v různých poměrech s vodou jako extrakčních činidel. Produkty byly aplikovány do nových komerčně využitelných výrobků (Ecofuel).

Schéma v současnosti řešených biorafinačních procesů je dále znázorněno na příkladech zpracování rostlinné a živočišné biomasy:




MODELOVÉ SCHÉMA WP4 – SCHÉMA ZPRACOVÁNÍ BIOMASY VYŠŠÍCH ROSTLIN
PARTNEŘI: BÚ, AGRA, BRIKLIS, ÚCHP, VŠCHT, RABBIT, ECOFUEL
produkce biomasy
zpracování na energetické peletky nebo biorafinaci
komercionalizace
formulace produktů
BÚ
Koordinace WP4 a produkce biomasy
Rostlinný odpad (vinná réva, rýže)
Plodiny pro biorafinace (topinambur, růže, bez)
Hlavní energetické plodiny (topol, vrba, ozdobnice)
Biorafinace – WP7 VŠCHT, ÚCHP
extrakce, separace, enzymatická hydrolýza
bioaktivní látky
inulin
cukry
fermentace – WP5
biomasa
izoprenoidy
taniny, karotenoidy,
fenolické kyseliny,
fenolické glykosidy,
vosky, biopolymery
nutraceutika, farmaceutika, biopesticidy
ECOFUEL
Obohacené krmné směsi
RABBIT
BRIKLIS
výroba pelet a briket
Řasová biomasa – omega kyseliny
AGRA (BIOKOTEL)
Kultivace řas – WP3
Odpadní CO_2
popel a biohnojivo z řas

MODELOVÉ SCHÉMA WP3 – SCHÉMA ZPRACOVÁNÍ ŘASOVÉ BIOMASY
PARTNEŘI: ECOFUEL, BÚ, AGRA



Pracovníci ústavu se podílejí na řešení řady grantových projektů sponzorovaných národními i mezinárodními agenturami a za více než 40 let existence ÚCHP dosáhli řady význačných vědeckých i aplikačních výsledků. Jako příklad lze uvést mezinárodní ohlasy v oblasti chemické termodynamiky, heterogenní a homogenní chemické katalýzy, difuzních procesů a hydrodynamiky, v oboru destilací, absorpcí, adsorpcí a extrakcí. Jako příklad úspěšného vyústění badatelského výzkumu do praxe, mj. i v zahraničí, lze z poslední doby zmínit nový způsob mikrovlnného rozkladu polyesterového plastu pro recyklaci kyseliny tereftalové a technologii pro separaci vzácných zemin z odpadního elektroodpadu, což má mimo jiné i významný ekonomický přínos. Z jiných realizací nelze opomenout metody monitorování vlivu škodlivých látek (aerosolů) na historicky vzácné tisky, vypracování fyzikálněchemických způsobů dekontaminace vod a zemin kontaminovaných nebezpečnými látkami i v polních podmínkách a úspěchy v pyrolýze odpadní dendromasy.

V poslední době, v souladu s trendy rozvoje chemického inženýrství a procesů směrem k vědám o životě a životnímu prostředí v technicky a vědecky rozvinutých státech, se ÚCHP orientuje směrem k biotechnologiím a energetice.

CENTRUM KOMPETENCE WASTE TO ENERGY (WtE)

Tlak na maximální energetické využití odpadu, biomasy i palivových mixů se současnou snahou o „čistou“ výrobu energie vedl k návrhu projektu dlouhodobé spolupráce v oboru energetického využití odpadu – k ustavení Centra kompetence Waste to Energy (WtE).

Výsledky výzkumné a vývojové práce centra budou používány při návrhu nových a rekonstrukci stávajících spaloven komunálního a průmyslového odpadu, stejně jako v teplárenství. Hlavním cílem a motivací partnerů projektu je vytváření podkladů pro návrh a implementaci konkurenceschopných jednotek využívajících energii odpadu a dalších sekundárních energetických zdrojů. Tyto podklady budou vznikat na základě systematického výzkumu, modernizace existujících technologií a využívání zpětné vazby z funkčních aplikací. Účelem WtE centra je upevnění zkušeností, know-how, moderních výpočetních metod a experimentálních postupů současně s technicko-ekonomickými analýzami a jejich vztahem k analýze příslušného trhu.

Základní výhodou pro implementaci výsledků výzkumu do praxe je komplexní přístup centra WtE k řešení problémů – příkladem může být návrh moderní energetické jednotky určené pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla z komunálního odpadu a kontaminované biomasy. V návrhu této jednotky je použito široké spektrum výzkumných aktivit a pokročilých metod počítačového modelování zahrnujících lokalizaci investice, CFD metody modelování toku plynů v zařízení pro simulaci procesu spalování a další výpočty, návrh systému čištění spalin využívající nové filtrační materiály, atd.

Řešitelský tým je vyvážený z hlediska zastoupení výzkumu a vývoje na jedné straně a implementace výsledků na straně druhé. Vysoký tržní potenciál je dán faktem, že výzkumně-vývojové činnosti produkované především ÚCHP AV ČR a VUT Brno, který je nositelem projektu, mohou být bezprostředně implementovány průmyslovými partnery. Firma EVECO Brno je malá firma s vysokým inovačním potenciálem, která je dobře etablována v oblasti návrhu spalovacích zařízení. PBS Industry pak má dlouholeté zkušenosti s výrobou kotlů a výměníků pro energetiku, ZVVZ-Enven Engineering je firma specializovaná na čištění spalin a vzduchotechniku. Společnost ČEZ pak zajišťuje pohled investora a provozovatele energetických zařízení.

Hlavním úkolem ÚCHP v projektu je koordinace a řešení pracovního balíčku „Originální, optimalizované a zdokonalené komponenty“. Zabývá se především realizací spalovacích testů, vývojem nových systémů čištění spalin a materiálovým využitím pevných zbytků ze spalování.

CENTRUM KOMPETENCE PRO BIORAFINACE (BIORAF)

Významným úspěchem ÚCHP, naplňujícím trend orientace na biotechnologie a energetiku, je v současnosti mimo jiné i vedení Centra kompetence pro biorafinace (BIORAF). Jeho cílem je vyvinout a ověřit nové procesy a technologie zelené chemie pro komplexní zpracování a využití rostlinné, živočišné a mikrobiální biomasy na biorafinačním principu. Za tímto účelem jsou v centru propojovány akademické ústavy a podnikatelské subjekty. Z úkolů řešených tímto centrem vychází i řada příkladů uvedených v této publikaci.

V EDICI VĚDA KOLEM NÁS PŘIPRAVUJEME:

Ondřej Beránek: **Oriental Institute (English edition)**
Robert Ibrahim: **Báseň a počítač**
Adam Doležal: **Bioetika**

DOSUD VYŠLO:

Eva Semotanová: **Historická krajina Česka a co po ní zůstalo**
Pavel Peterka a kol.: **Vláknové lasery**
Jaroslav Klokočník a kol.: **Družice a gravitační pole Země**
Pavel Žďárský: **Alois Musil**
Magdalena Bendová: **Eduard Hála**
Martin Štefko: **Diskriminace v zaměstnání a obrana proti ní**
Magdalena Bendová: **Eduard Hála (English edition)**
Václav Hořejší: **Jak (ne)funguje imunitní systém**
J. Marešová, K. Mezihoráková, K. Uhlíková: **Akademické soupisy uměleckých památek**

Edice Věda kolem nás | Co to je…
Biorafinace | *František Kaštánek*

Vydal Ústav chemických procesů Akademie věd ČR, v. v. i., Rozvojová 1/135, 165 02 Praha 6 – Suchdol v Nakladatelství Academia, Středisko společných činností AV ČR, v. v. i., Vodičkova 40, 110 00 Praha 1. Grafickou úpravu a obálku navrhl Jakub Krč, studio Lacerta. Technická redaktorka Monika Chomiaková. Odpovědná redaktorka Petra Královcová. Vydání 1., 2014. Ediční číslo 11743. Sazba a tisk SERIFA®, s. r. o., Jinonická 80, 158 00 Praha 5.

Další svazky získáte na:
www.vedakolemnas.cz | www.academiaknihy.cz | www.eknihy.academia.cz