BIOTECHNOLÓGIE – ZÁKLADNÝ PILIER EURÓPSKEJ TECHNOLOGICKEJ PLATFORMY SUSCHEM

ĽUDOVÍT POLÍVKA, TIBOR MALIAR, EVA ÜRGEOVÁ

Katedra biotechnológií, Fakulta prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava

Súhrn: V práci sú popísané nové trendy udržateľného rozvoja v oblasti chémie v politike Európskeho spoločenstva, so zvláštnym zreteľom na využitie biotechnológií v chemickom priemysle. Hlavné smery výskumu priemyselných biotechnológií sú nové enzýmy a mikroorganizmy, mikrobiálna genomika a bioinformatika, metabolické inžinierstvo a modelovanie, biokatalytické funkcie a ich optimalizácia, dizajn biokatalytických procesov, inžinierstvo fermentačných procesov a inovované „down-stream“ procesy.

Kľúčové slová: Sustainable chemistry, priemyselné biotechnológie, genomika, bioinformatika, enzýmy, metabolické inžinierstvo, biokatalytické procesy, fermentačné procesy

1. Úvod

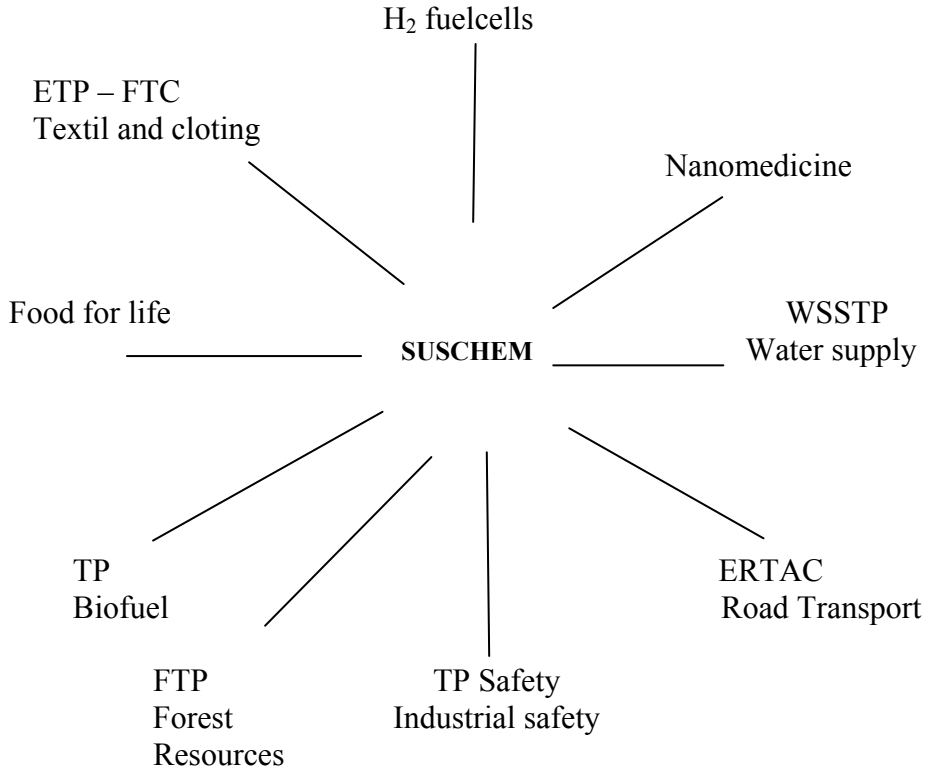
Požiadavka realizovať rozvoj spoločnosti v intenciách permanentnej trvalej udržateľnosti s ohľadom na ciele Lisabonskej stratégie sa premietla do viacerých koncepcií a strategických dokumentov resp. platforiem, medzi nimi aj do Európskej technologickej platformy – Sustainable chemistry (Suschem). Základnou filozofiou v nej je vytýčenie programu rozvoja chemického priemyslu a zabezpečiť jeho rozvoj so zreteľom na ekonomické, environmentálne a celospoločenské aspekty, čo je v intenciách Agendy 21 (Agenda 21, 2000; MEADOWEROLT a kol., 2005).

2. Európska technologická platforma – Suschem

Európska technologická platforma – Sustainable chemistry vznikla z iniciatívy CEFIC – Európskej asociácie chemického priemyslu a Europabio – európskej asociácie priemyslu a EK za podpory OECD v kontexte s environmentálnym programom spojených národov (UNEP) a Environmental Technologies Action Plan v roku 2004 a následne bola prejednaná so zástupcami významných a špičkových predstaviteľov ekonomického priemyslu, finančných inštitúcií, spotrebiteľov a akademickej sféry (http://www.suschem.org, 2004).

Suschem je program rozvoja chemického priemyslu založeného na princípoch trvalo udržateľného rozvoja v podmienkach prvých dekád tretieho tisícročia (horizont 2025) s akceptovaním špecifík procesu globalizácie a politicko-ekonomických vývojových trendov vrátane spoločensko-sociálnych aspektov rozvoja (energia, ICT, starostlivosť o zdravie a bezpečnosť občanov, kvalita života, doprava).

Realizácia platformy je zabezpečená sieťou strategických a intelektuálnych spoločností (akademické, priemyselné, finančné a podnikateľské spotrebiteľské inštitúcie), ktorých spája spoločná idea zabezpečovať komplexne celý inovačný proces v chemickom priemysle a príbuzných sektoroch na báze platformy Suschem do efektívnej komerčnej aplikácie. Základným prostriedkom je úzka kooperácia zúčastnených partnerov v horizontálnej a vertikálnej úrovni, jasne formulované ciele, ktorých horizont bol spresnený v roku 2006, paneurópska otvorenosť a súvzťažnosť platformy s inými koncepciami technologických platforiem (Obr. 1).



Obr. 1. Súvzťažnosť Suschem s inými koncepciami technologických platforiem

3. Základné piliere Suschem

Podľa platformy Suschem je rozvoj chemického priemyslu v Európe determinovaný interdisciplinárnym prístupom – úzkym prepojením chémie, fyziky, biológie a matematiky s počítačovými vedami a procesovým inžinierstvom. Štúdium na molekulárnej úrovni (nanotechnológie a biotechnológie) môže priniesť nové generácie produktov s kvalitatívne a kvantitatívne inými vlastnosťami, ktoré nájdu uplatnenie v rôznych iných ekonomických sektoroch (http://www.europabio.org, 2006; EC, 2002; http://www.suschemsolutions.org, 2005).

Strategická výskumná agenda Sustainable chemistry sa orientuje na tri pilotné okruhy:

- Priemyselné biotechnológie,
- materiály a materiálové technológie,
- reakčný a procesový dizajn.

Nie je náhodné, že biotechnológie ako progresívne technológie sú do platformy pojaté ako základný pilier. Možnosti, ktoré poskytujú moderné biotechnológie s využitím génovo modifikovaných organizmov sú pre chemický priemysel nepostrádateľné, a práve s možnosťou využiť génovo modifikované biosystémy, resp. ich metabolické produkty platforma Suschem počíta.

Je tu logická kontinuita so stratégiami rozvoja spoločnosti v 21. storočí formulovaných Agendou 21, v ktorých sú biotechnológie považované ako jedny z kľúčových pri realizovaní trvalo udržateľného rozvoja a riešení globálnych svetových problémov, pričom sú definované ako „súbor postupov, ktoré umožňujú uskutočňovať špecifické zmeny genetického materiálu rastlín, živočíchov a mikroorganizmov, vedúce k užitočným výrobkom alebo technológiám (Agenda 21, 2000).

Prax dokumentuje, že praktická realizácia biotechnológií v zmysle vyššie uvedenej definície priniesla v mnohých prípadoch národohospodársky efekt (Japonsko, Holandsko, Fínsko, Írsko, USA, Fínsko, Francúzsko).

4. Hlavné smery výskumu priemyselných biotechnológií – Suschem

- Nové enzýmy a mikroorganizmy
- Mikrobiálna genomika a bioinformatika
- Metabolické inžinierstvo a modelovanie
- Biokatalytické funkcie a ich optimalizácia
- Dizajn biokatalytických procesov
- Inžinierstvo fermentačných procesov
- Inovované „down-stream“ procesy (http://www.suschemsolutions.org, 2005)

5. Nové enzýmy a mikroorganizmy

Zdrojom nových mikroorganizmov a ich metabolitov sú všetky biocenózy. Modifikáciou ich DNA je možné orientovať ich využitie pre priemyselné technológie. Významné sú extremofily. Cieľom je na báze genomických disciplín vypracovať účinné skríningové metódy na charakteristiku presnej expresie inzertných génov.

Výskumné priority:

- Utilizácia biomasy z obnoviteľných zdrojov – biopalivá, aromáty, vedľajšie produkty,
- bioprocesy a bioprodukty.

6. Mikrobiálna genomika a bioinformatika

Komplexné využitie informácií získaných v rámci genomiky, proteomiky, transcriptomiky, metabolomiky biosystémov a štúdiom génov s neznámou funkciou umožňuje získať nové mikroorganizmy pre potenciálne priemyselné využitie, resp. identifikovať produkciu a metabolické cesty nežiaducich metabolitov.

Súčasťou je konštrukcia nových biosystémov s minimálnym setom prirodzených génov alebo úplne syntetizovaných.

Výskumné priority:

- Funkčná mikrobiálna genomika,
- bioinformatika,
- nové gény s požadovanou funkciou,
- objasnenie funkcií neznámych génov,
- minimálne a umelé mikroorganizmy, syntetická biológia.

7. Metabolické inžinierstvo a modelovanie

Vylepšenie bunkových aktivít cielenou manipuláciou enzýmových transportov a regulačných funkcií bunky využitím r-DNA-t genomických techník a metóda evolučného inžinierstva.

Molekulárne aspekty tvorby produktov a regulácie metabolizmu mikroorganizmov v stresových podmienkach priemyselných procesoch.

Metabolické inžinierstvo zamerané na produkciu bioetanolu, biomateriálov, objemových chemikálií a špeciálnych produktov vrátane *enantio* čistých molekúl.

Matematické modelovanie mikrobiálneho metabolizmu zamerané na statické a dynamické modely.

Dizajn nových metabolických ciest pre originálne produkty neidentifikované v prírode.

Vylepšenie „down-stream“ procesov.

Výskumné priority:

- Systémové biotechnológie - molekulárne aspekty v priemyselných podmienkach,
- priemyselne relevantné produkty metabolického inžinierstva,
- modelovanie mikrobiálneho metabolizmu,
- nové expresné systémy mikroorganizmov.

8. Biokatalytické funkcie a optimalizácia

Skríning nových enzýmov produkovaných mikro- a makroorganizmami z terestriálnych a akvatických biocenóz a cielená modifikácia s cieľom ich prípravy pre priemyselné využitie.

Využitie nových informácií o biochemických cestách pre katalýzu nových chemických konverzií predovšetkým pre reakcie tvoriace C- C väzby a vyvinutie nových katalyzátorov pre konverziu biomasy.

Vývoj postupných kaskádových biokonverzií a multifázových biokatalýz.

Optimalizáciou biokatalytických procesov vyvinúť a realizovať vysoko špecializované skríningové metódy (HTS) pre enzýmové aktivity a stereoaktivity enzýmov. Aplikovať „*in-silico*“ metódy na stanovenie optimálnych vlastností.

Výskumné priority:
- Výskum nových biokatalyzátorov,
- optimalizácia biokatalyzátorov

9. Dizajn biokatalytických procesov

Úlohou je optimalizácia funkcií biokatalyzátora regeneráciou a dizajnom kofaktorov; vývin nových recyklačných systémov, zmena kofaktorovej závislosti.

Optimalizácia a vývoj biokatalyzátorov pre náročné reakčné podmienky, vrátane nevodných reakčných systémov (vysoké koncentrácie substrátov, vysoké teploty).

Modelovanie komplexu bioreakčných systémov s ohľadom na kinetiku, hydrodynamiku prenosu latky a energie a identifikovanie optimálnych operačných podmienok.

Vývoj nových multifunkčných bioreaktorov a „downstream“ procesov s cieľom redukovať jednotkové operácie biokatalýzy bez izolácie intermediátov.

Vývoj nových a presných monitorovacích systémov pre detekciu substrátov, metabolitov a produktov v priebehu procesov.

Výskumné priority:
- Integrácia biokatalýzy do priemyselných procesov,
- redukcia počtu jednotkových operácií,
- modulárne bioreaktory,
- multifázové bioreaktory,
- biočipy a mikroprístroje pre analytické účely,
- multienzýmové a celobunkové biokonverzné systémy,
- inžinierstvo biokatalytických reakcií.

10. Inžinierstvo fermentačných procesov

Aplikácia nových producentov získaných r-DNA-t na báze informácií zabezpečených analýzou *-omických* disciplín a biosystémov v extrémnych podmienkach produkcie. Cieľom ich využitia je maximálna tvorba produktov a nie mikrobiálnej biomasy. Vplyv fermentačných podmienok a zariadení na intenzifikáciu procesov. Vývoj mikroreaktorov pre skríning relevantnej produkcie s akceptovaním podmienok priemyselnej produkcie. Komplexné spracovanie obnoviteľných zdrojov na výrobu energie s maximálnym využitím biomasy.

Výskumne priority:

- Fyziológia mikroorganizmov,
- mikrobioreaktory pre efektívny scale up,
- meranie a kontrola,
- fermentačné inžinierstvo,
- spojenie výroby energie s efektívnym využitím biomasy.

11. Inovácia „downstream“ procesov

Vývoj resp. inovácia „downstream“ a fermentačných kontinuálnych procesov s priamym oddeľovaním produktu.

Selekcia najvhodnejších chemických činidiel aplikovateľných v izolačných a purifikačných procesoch z aspektu minimalizácie spotreby vody, energie a tvorby odpadov a polutantov.

Vývoj špecifických izolačných a purifikačných postupov pre nové produkty.

Výskumné priority:

- Inovácia „downstream“ procesov,
- intenzifikácia výroby produktov.

12. Prínos biotechnológií

Očakávaný prínos biotechnológií vstupom do európskeho chemického priemyslu je vyjadrený parametrami uvedenými v Tab. 1:

Tab. 1. Očakávaný prínos biotechnológií v európskom chemickom priemysle

Celkový podiel biotechnológií na chemickej produkcii v roku 2010	10-20%
- podiel na výrobe objemových chemikálií	6-12%
- podiel na výrobe „fine“ chemikálií	30-60%
Hodnota produktov vyrobených biotechnologicky	160 bil. USD

Vecne formulované prínosy možno sumarizovať nasledovne:

- Zvýšenie utilizovateľných obnoviteľných zdrojov ako nové a základné suroviny pre chemický priemysel,
- zvýšenie ekonomickej efektívnosti a *eko*-účinnosti chemických procesov a technológií na báze nových biosystémov (syntetická biológia), ich metabolitov, prioritne biokatalyzátorov,
- utilizácia a účinná konverzia biomasy na biopalivá prispeje k riešeniu energetických a environmentálnych problémov,
- rozšírenie spektra nových produktov, najmä objemových a jemných chemikálií, environmentálne prijateľných a ekonomicky výhodných (biopolyméry, biodetergendy, biopesticídy, biosurfaktanty, atď.) pre vlastnú potrebu chemického priemyslu a ďalšie priemyselné sektory,
- redukcia nákladov na materiál, zníženie agresívnosti technológií, zníženie odpadov a emisií,
- zvýšenie konkurencieschopnosti a kvality produktov (http://www.esabweb.org, 2006; GAVRILESCU a CHISTI, 2005; HULSE, 2004; WHITESIDE, 2004; http://www.oecd.org, 2005; WHO, 2005; WERSTRAETE, 2002; BRUGGEMEIER, 2005; PHILLIPS, 2002)

13. Záver

Chemický priemysel má kľúčové postavenie v ekonomike a rozvoji spoločnosti. Európske chemické firmy sa podieľajú 32%-ami na svetovej produkcii chemikálií. Na druhej strane je však chemická produkcia radená k technológiám najviac zaťažujúcim životné prostredie. Ďalším faktorom, ktorý núti inovovať chemické technológie je silná konkurencia, najmä ázijských výrobcom chemikálií rôzneho druhu. Európska technologická platforma Suschem a jej postupná realizácia na základe implementačného akčného plánu z roku 2006, ktorý determinuje vecné a časové horizonty prenosu výsledkov strategického výskumu do praxe vo všetkých troch základných pilieroch (priemyselné biotechnológie, reakčný dizajn a nové materiály a materiálové technológie), spája riešenie ekonomických, environmentálnych a spoločenských problémov charakterizovaných ako kvalita života do aktivít, ktoré by vyústili v roku 2030 do osobitného formovania ekonomiky – *bio*ekonomiky.

Literatúra

AGENDA 21. MŽP SR, Bratislava 2000.

BIOTECHNOLOGY: The invisible revolution – looking back, looking forward. *Europabio Ann. Report* 2006. http://www.europabio.org.

BRUGGEMEIER, M., Biotechnology – new direction in medicine. Hoffman la Roche. Basel 2005, P-7000, s. 728.

GAVRILESCU, M., CHISTI, Y., Biotechnology – a sustainable alternative for chemical industry, Biotechnol. Adv., 23, 2005, s. 471-499.

HULSE J.H., Biotechnologies: past history, present state and future prospects. Trends Food Sci. Technol., 15, 2004, s. 3-18.
INDUSTRIAL AND WHITE BIOTECHNOLOGY, A DRIVER OF SUSTAINABLE GROWTH IN EUROPE. 2006, http://www.esabweb.org.
INNOVATION FOR BETTER FUTURE. Sustainable chemistry strategic research agenda 2005, http://www.suschemsolutions.org.
LIFE SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY – A STRATEGY FOR EUROPE. EC, 2002, Luxemburg, ISBN 92 – 894 -3388-4.
MEADOWEROLT J., FARREL K., SPANGERBERY J., Developing framework for sustainability in the EU. Int. J. Sustain. Dev., 8, 2005, s. 3-9.
MODERN FOOD BIOTECHNOLOGY, HUMAN HEALTH AND DEVELOPMENT: an evidence -based study, WHO 2005, ISBN 92-4-1593059.
PHILLIPS P.W.B., Biotechnology in global agri-food system, Trends Biotechnol. 20, 2002, 9, s. 376-381.
THE BIOECONOMY IN 2030, A POLICY AGENDA. OECD 2005, http://www.oecd.org.
THE VISION FOR 2025 AND BEYOND, Suschem, http://www.suschem.org.
WHITESIDE J.M., Taking chemistry in new direction. Angem. Chem. Int., 43, 2004, s. 3632-3640.
WERSTRAETE W., Environmental Biotechnology for Sustainability. J. Biotechnol., 94, 2002, s. 93-100.

Biotechnologies – the fundamental pillar of European technological platform Suschem

Abstract: Presented paper make close all new trends in policy of the sustainable chemistry and modern biotechnology for the 21st century in according with sustainable development and international agreement on the world and European countries level for these branches. This trend is work on the following detailed fields: new microorganisms and enzymes, microbial genomic and informatics, metabolic engineering and design, biocatalyst function and optimization, biocatalyst processes design, engineering of the fermentation processes and innovation of the downstream processes.

Key words: Sustainable chemistry, industrial biotechnology, genomics, bioinformatics, enzymes, metabolic engineering, biocatalytic processes, fermentation processes