

Frajman (2003) in Žan Lobnik Cimerman (2017). Prva, ki sta to praprot našla v Sloveniji, sta bila Viktor Petkovšek in Leopold Zor, in sicer na Grmadi pri Celju maja leta 1952. Najdbo sta objavila leta 1953. Pri Šmartnem na Pohorju jo je kasneje našel Nejc Jogan (1986) in še kasneje, leta 2001 in 2005, tudi na Pohorju (Planica) Božo Frajman. Spomladi leta 2017 pa je na Mariborskem Pohorju novo nahajališče kamiličnolistne mladomeseca opisal Žan Lobnik Cimerman. Vsa do zdaj znana nahajališča v Sloveniji so na silikatni (kisli) podlagi in na precej drugačnih rastiščih, kot je najino pod Golaki – saj so tu geološka podlaga dolomitni apnenec, morda z redko primesjo roženca, talni tip prhninasta rendzina, združba pa zgornje gorski bukov gozd na stiku s podvisokogorskim bukovjem.

Kot ustrezna rastišča kamiličnolistne mladomeseca tudi drugod navajajo suhe travnike (predvsem z volkom, *Nardus stricta*), kamnite previse, pašnike, svetle in suhe gozdove in v glavnem kislila tla. Zanimiva pa je navedba (povzema jo Frajman, 2003), da vrste iz družine kačjejezikovk (Ophioglossaceae) pogosto rastejo na motenih rastiščih, ob poteh, starih kolovozih. Dejansko smo jo v Trnovskem gozdu dobili na stari gozdni poti, nastlani z bukovim listjem, in tik ob njej.

Ne le midve. Kar nekaj nas je, ki radi hodimo skupaj naokrog in se navdušujemo nad rastlinskimi prebivalkami našega planeta. »Pumprki« nas je poimenoval Rafael Terpin, eden izmed nas. Prevod bi bil, morda, »nekdo, ki se gre botanika«. No ja, prevod ni najboljši, naj nama Rafko ne zameri. Pred kratkim smo bili na Mangartskem sedlu. Z nami je bila prvič tudi Vesna, ki zaenkrat še ni pumprk. Po telefonu je nekomu razlagala, češ v kakšni družbi da je. »Veš, vsi gledajo nekam tja v travo, navdušeno nekaj razlagajo in se čudijo.« In se vračajo, bi lahko dodali. Tudi k novi najdbi, mladomesecini v Trnovskem gozdu, se bomo gotovo še vrnili. Kajti tudi ta, za nekoga morda neznatna

rastlinica, nas povezuje, bogati in krepi naše prijateljske vezi. Narava je resen čudež.

Tako. Za nami je še ena lepa pot, vredna čudenja. Je že tako, da se vse enodnevnice poti ne končajo v enem dnevu.

Zahvala

Za potrditev pravilnosti določitve redke praproti, posredovanje podatkov in spodbudo k pisanju članka so lepo zahvaljujemo Branku Dolinarju, prof. Josu Vukeliću, Rafaelu Terpinu in Igorju Dakskoblerju.

Literatura:

- Aeschimann, D., Lauber, K., Moser, D. M., Theurillat, J. P., 2004: *Flora alpina*. Bd. 1: *Lycopodiaceae–Apiaceae*. Bern: Haupt Verlag, 1159 str.
- Borovečki – Voska, L., Čičmir, R., Šincek, D., 2011: *A new finding of the species Botrychium matricariifolium (Retz.) A. Br. ex Koch (Ophioglossaceae) in Croatia. Natura Croatica (Zagreb), 20 (1): 229–232.*
- Frajman, B., 2003: *Botrychium matricariifolium (Retz.) A. Braun – kamiličnolistna mladomeseca. Hladnikia (Ljubljana), 15–16: 91–100.*
- Jogan, N., 1986: *Redka praprot na Pohorju. Proteus (Ljubljana), 49 (2): 75–76.*
- Lobnik Cimerman, Ž., 2017: *Botrychium matricariifolium (Retz.) Koch. Hladnikia (Ljubljana), 40: 75–78.*
- Marković, L., 1975: *Botrychium matricariifolium (Retz.) A. Br. ex Koch u flori Hrvatske. Acta Botanica Croatica (Zagreb), 34: 157–158.*
- Nikolić, T. 2020: *Flora Croatica. Vaskularna flora Republike Hrvatske. Volumen 2. Zagreb: Alfa, 854 str.*
- Petkovšek, V., 1953: *Nekatere nove ali redke vrste rastlin na Slovenskem II. Biološki vestnik (Ljubljana), 2: 73–77.*

Molža bakterij z elektriko: znanstvena fantastika ali realnost?

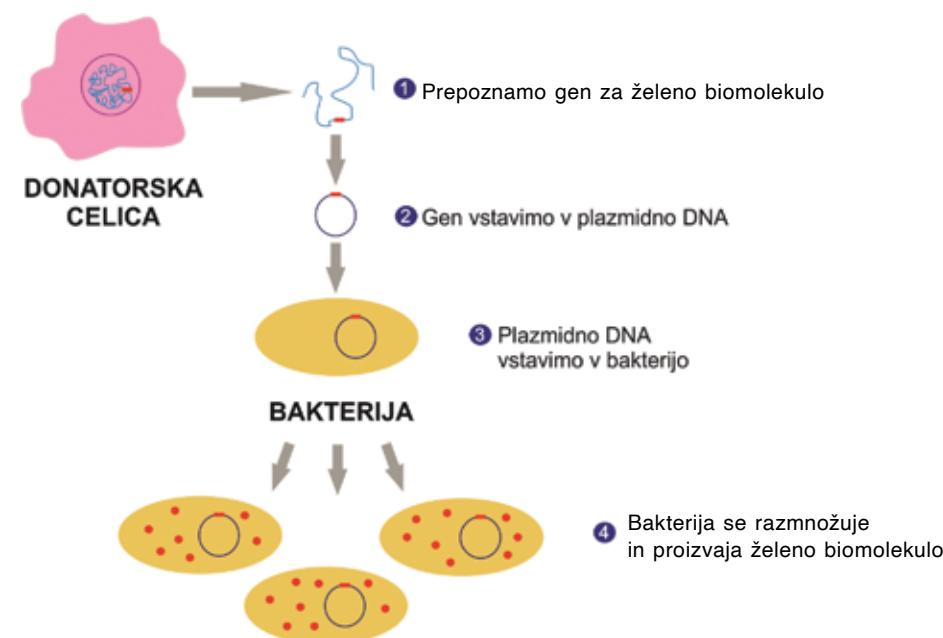
Saša Haberl Meglič

Kaj lahko bakterije proizvajajo za nas

Z rastjo števila prebivalstva prav tako raste potreba po različnih prehranskih dodatkih in visoko kakovostnih biomolekulah. Zato so raziskovalci začeli iskati nove načine pridobivanja teh molekul. Eden izmed možnih načinov je gojenje bakterij, ki znajo te biomolekule proizvesti. Zelo dobro je raziskano gensko ozadje posameznih bakterij, kar pomeni, da lahko bakterijo gensko spremenimo tako, da za nas proizvaja zelene biomolekule (slika 1). Poleg bakterijskih celic lahko za nas proizvajajo biomolekule tudi kvasovke ter insektne in sesalske celice, vendar je prednost bakterij, (i) da uporabljajo poceni surovine za svojo rast, (ii) da je za njih značilna visoka produktivnost, kar pomeni, da bo za nas bakterija proizvedla velike količine zelene biomolekule, (iii) da zelo hitro rastejo – povprečna bakterija, če ji nudimo ustrezne razmere za življenje, se razdeli že v dvajsetih minutah v dve celici, kar pomeni, da se vsako uro število celic poosmeri, (iv) da lahko proizvedejo širok spekter biomolekul.

Biomolekule, ki jih za nas proizvajajo bakterije, so uporabne na različnih področjih: v prehranski (na primer fikobiliprotein kot naravno barvilo v prehrani) in drugi industriji (na primer amilaza za raztapljanje

škroba, ki ga lahko dodajajo kot lepilo ali zaščito med proizvodnim procesom v tekstilni industriji) ter medicini (na primer rastni hormon, ki ga uporabljajo v nadomestnem hormonskem zdravljenju). Že pred



Slika 1: Shema genskega spreminjanja bakterij z namenom pridobivanja biomolekul.

Preglednica 1: Bakterije lahko za nas proizvajajo specifične biomolekule, ki so uporabne na različnih področjih (Olempska-Beer in sod., 2006; Sheng in sod., 2011; Sarker in sod., 2013; Raveendran in sod., 2018; Martinez in sod., 2020; Zhou in sod., 2020).

	BAKTERIJA	BIOMOLEKULA	UPORABA
ENCIMI/PROTEINI	<i>Escherichia coli</i>	kimozin	proizvodnja sira
		galaktozidaza	razgrajevanje laktoze pri proizvodnji mlečnih izdelkov, ki ne vsebujejo laktoze
		aminoacilkaza, aspartaza	za bogatenje jedi z aminokislinami
		interferon gama	zdravljenje virusnih in rakavih obolenj (medicina)
	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus stearothermophilus</i>	rastni hormoni	nadomestna hormonska terapija (medicina)
		pululanaza	proizvodnja maltoznega sirupa
		celulaza	proizvodnja živalske hrane; bistenje sokov
		ksinalaza	bistenje sokov; proizvodnja piva; proizvodnja testa
	<i>Bacillus subtilis</i>	alfaamilaza	pečenje kruha; pivovarstvo; raztapljanje škroba, ki se ga lahko dodaja kot lepilo ali kot zaščito med proizvodnim procesom v tekstilni industriji; bistenje sadnih sokov
		alfaacetolaktat dehidrogenaza	proizvodnja (fermentacija) piva
		dekarboksilaza	zorenje piva
		alkalna proteaza	proizvodnja detergentov - razgradi težko topne beljakovine na tkanini, oblačila so zato bolj bela in mehkejša
	<i>Bacillus licheniformis</i>	maltogena amilaza	razgradnja škroba v maltozo - kruh hitreje vzhaja
		lakaza	pečenje kruha - poveča stabilnost testa in zmanjša lepljivost; odstranitev polifenolov iz vina
	ENCIMI/PROTEINI	<i>Nostoc</i> sp.	esteraza
Bakterije iz reda Firmicutes, Proteobacteria, Actinobacteria, Acidobacteria		lipoksigenaza	proizvodnja testa - beljenje pigmenta v moki, izboljšanje tolerance testa na gnetenje in obdelavo
<i>Micrococcus luteus</i> , <i>Bacteroides fragilis</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Bacillus maroccanus</i> , <i>Pyrobaculum calidifontis</i> , <i>Bacillus halodurans</i> , <i>Rhizobium radiobacter</i>		peroksidaza	dvig prehranske kakovosti živil ter izboljšanje senzoričnih lastnosti (barve, okusa)
<i>Pseudomonas</i> sp.		katalaza	proizvodnja hrane - podaljševanje obstojnosti živil; odstranjevanje kisika iz vina pred polnjenjem v steklenice
LIPIDI	<i>Pseudomonas</i> sp.	lipaza	proizvodnja antioksidantov za sončnično olje
	<i>Synechocystis</i> , <i>Kluyvera</i> sp.	lipidno biogorivo	gorivo, ki ne temelji na nafti
	<i>Paracoccus</i> sp., <i>Flavobacterium</i> sp.	karotenoid zeaksantin	močan antioksidant - pomembna vloga pri preprečevanju bolezni oči pri starejših
PIGMENTI	<i>Bradyrhizobium</i> sp., <i>Halobacterium</i> sp.	keto-karotenoid kantaksantin	zmanjšuje občutljivost za svetlobo, ki je posledica redke genetske bolezni, imenovane eritropoetična protoporfirija
	<i>Agrobacterium aurantiacum</i>	karotenoid astaksantin	močan antioksidant - zaščita kože pred sončnimi opeklinami, fotodermatozo, alergijo na sonce, pojavnostjo starostnih peg
	<i>Arthrospira</i> sp., <i>Porphyridium</i> sp.	fikobiliprotein	naravno barvilo v prehrani - izboljšanje senzoričnih lastnosti živil (barva)
	<i>Escherichia coli</i>	antocianin	naravno barvilo v prehrani - izboljšanje senzoričnih lastnosti živil (barva); vpliva tudi na zmanjšanje debelosti

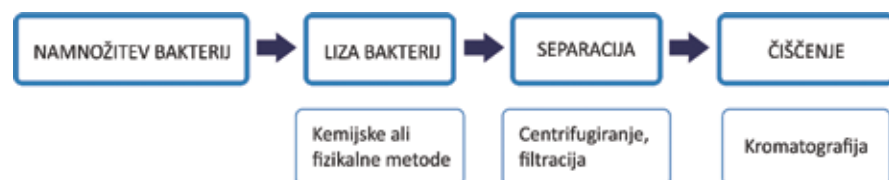
desetletji je ameriška Uprava za živila in zdravila (Food and Drug Administration, FDA) odobrila proizvodnjo encima telečjega kimozina s pomočjo genetsko spremenjene bakterije *Escherichia coli*, ki jo uporabljajo pri proizvodnji sira. Več o širokem spektru biomolekul, ki jih za nas lahko proizvajajo bakterije, najdete v preglednici 1.

Biotehnoški procesi so stremeli predvsem k boljšemu gojenju proizvodnih bakterij, zaradi česar so izkoristki višji (dobimo večje količine biomolekul), vendar se poveča tudi količina nečistoč. Da lahko pridobimo želeno biomolekulo, ki se nahaja v bakteriji, pa je treba bakterijsko celico razkrojiti – procesu rečemo liza bakterij. Ta korak pa ne pomeni samo smrti bakterije, ampak tudi izlitje njene celotne vsebine, zato je treba želeno biomolekulo očistiti in ločiti od ostalih vsebin, ki so se izlile iz popolnoma uničene bakterije. Proces čiščenja je velik del stroška v proizvodnji (čiščenje biomolekule lahko predstavlja do osemdeset odstotkov proizvodne cene).

Trenutno so za celično lizo na voljo kemijske ali fizikalne metode. Oboje imajo prednosti in slabosti, ki so povzete v preglednici 2. Njihovo delovanje temelji predvsem na popolnem uničenju bakterijske celice. Glavna pomanjkljivost kemijskih metod je predvsem uporaba dragih kemikalij ali encimov, ki jih je treba pozneje odstraniti. Lahko namreč poškodujejo pridobljeno biomolekulo in/ali so nezaželena primes, saj končni produkt lahko uporabljajo v prehrabni industriji ali medicini. Poleg tega pri množični proizvodnji biomolekul uporabo kemikalij omejujejo tudi regulatorna telesa.

S fizikalnimi metodami pa celice tako močno poškodujemo, da so v produktu prisotne dodatne nečistoče (sproščene iz bakterijske membrane ali notranjosti bakterije), zaradi katerih je treba želeno biomolekulo še dodatno očistiti. Vse naštetu proizvodne postopke biomolekul le podraži, čemur bi se lahko izognili z novimi, učinkovitejšimi tehnologijami za ekstrakcijo teh molekul.

Slika 2: Shema pridobivanja biomolekul iz bakterij.



Nadaljevanje na strani 435 >>>

PROTEUS

letnik 86
www.proteus.si



mesečnik za poljudno naravoslovje



Letno kazalo

Stvarno kazalo

Članki

Daniel Rojšek: **Vedno na strani narave.** (Varstvo narave.) 31

Stanislav Južnič: **Hallersteinovih četr tisočletja.** (Iz zgodovine naravoslovja.) 51

Matija Križnar, Pavel Jamnik: **O odkritju in raziskovanju evropskega losa (*Alces alces*) iz jame Linija v luči arhivskih dokumentov in fotografij.** (Paleontologija.) 72

Anton Brancelj: **Lov na krokodile po Sahari - a le s fotoaparatom.** (Zoologija.) 116

Igor Dakskobler: **Rastlinske posebnosti doline Suhorice v osrednjih Brkinih.** (Botanika.) 139

Nejc Petek: **Svetloba kot vir energije v fotoredoks kataliziranih reakcijah.** (Kemija.) 152

Vida Lang: ***Streptomyces platensis* kot naravni vir za biotehnoške aplikacije.** (Biotehnologija.) 157

Zvonka Zupanič Slavec: **Razmišljanje o življenju in smrti. Poskus vpeljave evtanazije v Slovenijo.** (Evtanazija.) 162

Miha Krofel: **Hijene na lovu za pticami.** (Ekologija.) 168

Matija Križnar: **Franjo (Franc) Uršič - kočevski profesor, geolog in naravoslovec.** (Iz zgodovine slo-

venskega naravoslovja.) 170

Miha Krofel: **Kako so se divje živali odzvale na zmanjšano prisotnost ljudi v okolju v času pandemije covid-19?** (Ekologija.) 185

Igor Dakskobler: **Črnikasti pelin (*Artemisia atrata*) pod Morežem. Drobna dopolnila k poznavanju rastišč redke in znamenite rastline.** (Botanika.) 199

Tina Skalar, Marjan Marinšek: **Materiali z visoko entropijo - materiali prihodnosti.** (Kemija.) 210

Zvonka Zupanič Slavec: **Strupi in toksikologija v svetu in na Slovenskem (prvi del).** (Toksikologija.) 220

Tomaž Granda: **Goli polži in njihov pomen v morskih ekosistemih.** (Ekologija.) 228

Matija Križnar: **Dlakavi nosorog (*Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799)), težko pričakovano paleontološko presenečenje končno v Sloveniji.** (Paleontologija.) 232

Igor Dakskobler, Ljudmila Dakskobler: **Zgodba o jadranski smrdljivi kukavici (*Himantoglossum adriaticum*) nad Modrejci na Tolminskem (iz botaničnega dnevnika med desetim marcem in dvanajstim majem leta 2024).** (Botanika.) 248

Zvonka Zupanič Slavec: **Strupi in toksikologija v svetu in na Slovenskem (drugi del).** (Toksikologija.) 264

Blanka Ravnjak, Jože Bavcon: **Semenske banke - oblika varovanja rastlinskih vrst.** (Varstvo narave.) 275

Tomaž Granda: **Odkrivanje herpesvirusov pri divjih pticah v Sloveniji.** (Ekologija.) 285

Mirjana Liovič: **Plastika in trajnostni razvoj znanosti.** (Trajnostni razvoj.) 289

Iztok Turel: **Razvoj, raziskave in uporaba spojin s kovinami v medicinske namene.** (Kemija in medicina.) 294

Janko Starič: **Koncept bolezni v času - iskanje vzrokov in načinov širjenja. Od antike do sodobnega časa.** (Medicina.) 301

Tea Kolar - Jurkovšek: **Konodonti - verjetni predniki vretenčarjev.** (Paleontologija.) 311

Matija Križnar: **Ledenodobni rosomah (*Gulo gulo*) tudi v Ajdovski jami pri Nemški vasi.** (Paleontologija.) 317

Gaj Kušar: **Aristotel in začetki biologije.** (Zgodovina znanosti.) 323

Aleksandar Janev, Mateja Erdani Kreft: **Organoidi možganov: modelni sistemi v nevrobiologiji in orodje za preučevanje procesov nastanka in zdravljenja bolezni.** (Nevrobiologija.) 344

Peter Strgar: **Botanična zanimivost na Radovljški Planini.** (Botanika.) 353

Lidija Korat Bensa, Miha Hren, Rožle Repič: **Raz-**

krite skrivnosti - vpogled v notranjost predmetov. (Rentgensko računalniško slikanje.) 362

Polona Pengal: **Reke - za veznice, ki se jih ne da ukrotiti.** (Ekologija voda.) 393

Timotej Verbovšek, Gorazd Žibret: **Razvoj prototipa robota za izkoriščanje težko dostopnih mineralnih surovin - projekt *Robominers*.** (Geologija.) 402

Aleksander Lipovec, Špela Zemljič Jokhadar, Mirjana Liovič: **Tkivni nosilci in amnijska membrana.** (Molekularna biologija.) 416

Anka Rudolf, Elvica Velikonja: **Kamiličnolistna mladomesečina (*Botrychium matricariifolium*) raste tudi v Trnovskem gozdu.** (Botanika.) 420

Saša Haberl Meglič: **Molža bakterij z električno znanstvena fantastika ali realnost?** (Biokibernetika.) 427

Branko Alič: **Mikroinkapsulacija fazno spremenljivih materialov z melaminsko-formaldehidno smolo za shranjevanje latentne toplote.** (Kemija.) 443

Tina Bregant: **Morje in nevroznanost: morske živali, ki so pomagale razkriti delovanje spomina in dolgoživost.** (Nevrobiologija.) 456

Tjaša Zagoršek, Maks Sešlar, Špela Bečan, Sebastjan Kovač: **Popis lesne sove (*Strix aluco*) znotraj ljubljanskega avtocestnega**

obročja. (Urbana zoologija.) 466

Jubileji

Matija Gogala: **Devetdeset let revije *Proteus*.** 6

Zvonka Zupanič Slavec: **Devetdesetletnica Prirodoslovnega društva Slovenije in izdavanja revije *Proteus*.** Zdravniki sodelavci skozi čas. 377

Medicina in film

Zvonka Zupanič Slavec: **Film *Varubi formule*. Jedrska nesreča v Vinči leta 1958.** 178

Naravoslovje v šoli

Julija Prelog, Anton Žabkar: **Vpogled v znanje devetošolcev o Alzheimerjevi demenci.** 370

Naše nebo

Mirko Kokole: **Devetdeset let radijske astronomije.** 88

Mirko Kokole: **SKA - največji radijski teleskop na svetu.** 187

Mirko Kokole: **Škrlatni vesoljčki.** 237

Mirko Kokole: **Observatorij Vere C. Rubin.** 330

Mirko Kokole: **Satelit *Gaia* opazuje že deseto leto.** 381

Mirko Kokole: **Tiho nebo.** 474

Nobelove nagrade za leto 2023

Mojca Vilfan, Igor Vaskivskiy: **Ustvarjanje atosekundnih sunkov svetlobe**

za preučevanje dinamike elektronov. Nobelova nagrada za fiziko za leto 2023. 63

Radovan Komel: **Odkritje, ki je omogočilo hiter razvoj cepiv proti COVID-19: ob Nobelovi nagradi za medicino 2023.** 105

Črtomir Podlipnik: **Nobelova nagrada za kemijo za leto 2023.** 206

Nove knjige

Matjaž Kuntner: **Marina Dermastia in Tom Turk: *Znansopotnika*.** 85

Andrej Seliškar: **Brane Anderle: *Pregled razširjenosti praprotnic in semen na Gorenjskem*.** 182

Odlikovanje revije *Proteus* z redom za zasluge. 9

Pogovori o fotografiji

Jurij Kurillo: **Kako sem slikal velerilca.** 472

V slovo

Tomaž Sajovic: **V službi življenja. Luka Pintar (28. aprila 1929 - 20. septembra 2023).** 13

Uvodnik

Tomaž Sajovic 102, 196, 246, 340, 390

Prevodi

Andreja Šalomon Verbič 3, 100, 195, 244, 339, 388

Letno kazalo

Tomaž Sajovic 431

Kazalo avtoric in avtorjev

Branko Alič 443
 Jože Bavcon 275
 Špela Bečan 466
 Anton Brancelj 116
 Tina Bregant 456
 Igor Dakskobler 139, 199, 248
 Ljudmila Dakskobler 248
 Mateja Erdani Kreft 344
 Matija Gogala 6
 Tomaž Granda 228, 285
 Saša Haberl Meglič 427
 Miha Hren 362
 Pavel Jamnik 72
 Aleksandar Janev 344
 Stanislav Južnič 51
 Mirko Kokole 88, 187, 237, 330, 381, 474
 Tea Kolar – Jurkovšek 311
 Radovan Komel 105
 Lidija Korat Bensa 362
 Sebastjan Kovač 466
 Matija Križnar 72, 170, 232, 317
 Miha Krofel 168, 185
 Matjaž Kuntner 85
 Jurij Kurillo 472
 Gaj Kušar 323
 Vida Lang 157

Mirjana Liović 289, 416
 Aleksander Lipovec 416
 Marjan Marinšek 210
 Polona Pengal 393
 Nejc Petek 152
 Črtomir Podlipnik 206
 Julija Prelog 370
 Blanka Ravnjak 275
 Rožle Repič 362
 Daniel Rojšek 31
 Anka Rudolf 420
 Tomaž Sajovic 13, 102, 196, 246, 340, 390, 431
 Andrej Seliškar 182
 Maks Sešlar 466
 Tina Skalar 210
 Janko Starič 301
 Peter Strgar 353
 Andreja Šalamon Verbič 3, 100, 195, 244, 339, 388
 Iztok Turel 294
 Igor Vaskivskiy 63
 Elvica Velikonja 420
 Timotej Verbovšek 402
 Mojca Vilfan 63
 Tjaša Zagoršek 466
 Špela Zemljič Jokhadar 416
 Zvonka Zupanič Slavec 162, 178, 220, 264, 377
 Anton Žabkar 370
 Gorazd Žibret 402

Proteus

Izhaja od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik:

Privadoslovno društvo Slovenije

<http://www.proteus.si>

privadoslovno.drustvo@gmail.com

© Privadoslovno društvo Slovenije, 2024.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pisnega dovoljenja izdajatelja ni dovoljeno.

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Sebastjan Kovač

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavec

dr. Petra Draškovič Pelc

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletič

Angleški prevod: Andreja Šalamon

Verbič

Priprava slikovnega gradiva: Marjan

Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Preglednica 2: Prednosti in slabosti obstoječih kemijskih in fizikalnih metod za ekstrakcijo biomolekul iz bakterijskih celic.

KEMIJSKE METODE	PREDNOSTI	SLABOSTI
KEMIKALIJE (na primer kaotropne snovi - urea, gvanidin -, detergenti, topila, kislina in alkalna sredstva)	<ul style="list-style-type: none"> učinkovito pri večini bakterij možna selektivnost (ekstrakcija specifične snovi) možen prenos v večje merilo 	<ul style="list-style-type: none"> visoka cena nekaterih kemikalij kontaminacija končnega produkta s kemikalijami (zato nujno potrebni očiščevalni procesi) lahko negativni vpliv na strukturo in aktivnost biomolekule
ENCIMI (na primer lizocim)	<ul style="list-style-type: none"> biološka specifičnost in visoka selektivnost (ekstrakcija specifične snovi) delujejo v nevtralnih razmerah 	<ul style="list-style-type: none"> visoka cena kontaminacija končnega produkta z encimi (zato nujno potrebni zahtevni očiščevalni procesi) časovno zamudno
FIZIKALNE METODE	PREDNOSTI	SLABOSTI
OSMOTSKI ŠOK	<ul style="list-style-type: none"> možna selektivnost (ekstrakcija specifične snovi) 	<ul style="list-style-type: none"> neučinkovito pri nekaterih bakterijah oteženo delovanje v večjem merilu
ZAMRZOVANJE/TAJANJE	<ul style="list-style-type: none"> preprosto visoki izkoristek učinkovito pri vseh bakterijah 	<ul style="list-style-type: none"> neprimerno za ekstrakcijo temperaturno občutljivih biomolekul neselektivna ekstrakcija oteženo delovanje v večjem merilu časovno zamudno, drago in energijsko potratno
MLETJE S KROGLICAMI	<ul style="list-style-type: none"> zelo učinkovito hitro preprosto 	<ul style="list-style-type: none"> velik razpad bakterijskih celic sproščanje nukleinskih kislin in porast viskoznosti, kar oteži nadaljnje postopke čiščenja možna denaturacija biomolekul zaradi povišane temperature, če ni hlajenja (dražje, energijsko zahtevno)
HOMOGENIZACIJA PRI VISOKEM TLAKU	<ul style="list-style-type: none"> učinkovito ni potrebna večkratna ekstrakcija 	<ul style="list-style-type: none"> pregrevanje zaradi visokega pritiska (delovni pritisk 1250 barov, porast temperature 2,5 °C na 100 barov) energijsko potratno neselektivna ekstrakcija neprimerno za ekstrakcijo temperaturno občutljivih biomolekul
ULTRASONIFIKACIJA	<ul style="list-style-type: none"> učinkovito hitro energijsko ugodno 	<ul style="list-style-type: none"> delovanje v večjem merilu ni možno možna močna poškodba bakterij možna denaturacija biomolekul zaradi povišane temperature, če ni hlajenja neselektivna ekstrakcija sproščanje prostih radikalov
ELEKTROPORACIJA	<ul style="list-style-type: none"> energijsko ugodno možna selektivnost (ekstrakcija specifične snovi) zelo hitro ne poškoduje močno bakterij (zato bakterije lahko uporabljajo v nadaljnjih procesih) zelo nizka cena procesa preprost prenos v večje merilo 	<ul style="list-style-type: none"> velik začetni vložek zaradi visoke cene opreme

Kaj je elektroporacija

Celice so lahko zelo smešne. Le za malenkost jim spremenimo gojišče ali ostale razmere, v katerih rastejo, in, kot bi mignil, odmrejo. Lahko pa jih vzdražimo z električnim poljem, ki je dovolj veliko, da bi ubilo konja, in počele bodo tako neverjetne stvari, da znanstveniki o tem razpravljajo na konferencah, pišejo obsežne knjige in govorijo o čisto novi tehnologiji celične manipulacije. Adrian Persegian

Že leta 1972 so bile prvič opisane začasne strukturne spremembe na lipidnih mehurčkih, ki so nastale zaradi dovajanja zunanega električnega polja (Neumann in sod., 1972). Danes vemo, da ob izpostavitvi celice dovolj visoki jakosti zunanega električnega polja pride do višanja transmembranske napetosti, kar povzroči nastanek začasnih sprememb oziroma por na celični membrani. Ta zato postane prepustna za ione, molekule in makromolekule, ki drugače ne prehajajo skozi (Kotnik in sod., 2019). Pravimo, da je membrana porirana, zato metodo imenujemo **elektroporacija** (slika 3). Če so jakosti električnega polja še višje, pa lahko pride tudi do ireverzibilnih sprememb celične membrane in celica odmre (Jiang in sod., 2015). Uporabnost in prednosti elektroporacije so velike, zato jo uporabljajo na številnih področjih:

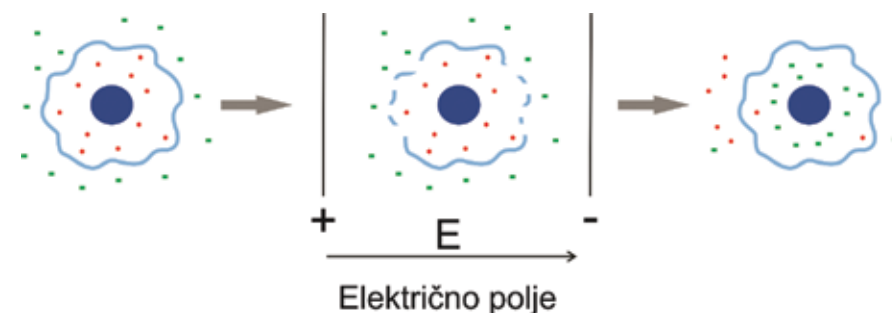
i. **Elektrokemoterapija** (Miklavčič in sod., 2014). Pri klasični kemoterapiji uporabljamo kombinacije kemoterapevtikov za uničenje rakavih celic v telesu. Pri elektrokemoterapiji pa rakave celice postanejo zaradi izpostavitve električnemu polju prepustne za kemoterapevtik, ki sicer ne prehaja ali pa slabo prehaja v rakavo celico. Tako lahko uporabimo tudi kemoterapevtike, ki jih s klasično kemoterapijo ne bi mogli uporabiti ali pa jih lahko uporabimo le lokalno in s tem preprečimo neželene učinke tega kemoterapevtika na celotno telo. Zdravljenje tumorjev z elektrokemoterapijo se je v zadnjem desetletju že uveljavilo.

Danes na tak način uspešno zdravijo številne površinske tumorje (na primer bazalocelični karcinom) kot tudi znotraj ležeče tumorje (na primer kostni tumor, tumor jeter in podobno).

ii. **Genska transfekcija** (Rosazza in sod., 2016; Čemažar in sod., 2017). Če celico izpostavimo višjim jakostim električnega polja, pa lahko vanjo vnašamo tudi večje molekule, kot je na primer DNA. Ta aplikacija se je uveljavila predvsem pri cepljenju s cepivi DNA in zdravljenju raka z gensko terapijo v humani in veterinarski medicini.

iii. **Ablacija tkiva** (Sugrue in sod., 2019; Cornelis in sod., 2019). Ob zelo visokih jakostih električnega polja nastanejo ireverzibilne spremembe na celični membrani, ki vodijo v celično smrt. To vrstno metodo že uporabljajo v kliničnih študijah za ablacijo srčne mišice in pri ablaciji rakavih metastaz. Prednost te metode pred klasično temperaturno ablacijo teh tkiv, kjer uporabljajo zelo visoke temperature, ki uničijo poleg bolnega tkiva tudi precejšnji zdravi del, je ta, da pri ablaciji tkiva z elektroporacijo uničimo le bolno tkivo.

iv. **Krioprezervacija** (Mutsenko in sod., 2019; Dymek in sod., 2015). Z elektroporacijo v celice uspešno vnesemo zdravju neškodljive krioprotektante (na primer saharozo, trehalozo, rafinozo), ki tako varujejo rastlinske celice ter humane celice in tkiva pred škodljivimi vplivi zamrzovanja. Tako lahko dolgo-



Slika 3: Če celico izpostavimo električnemu polju zadostne jakosti, njena membrana postane prepustna za molekule, ki drugače ne bi prehajale skozi njo. Tako lahko v celico in iz nje skozi porirano membrano prehajajo različne molekule.

- ročno shranimo na primer celice in tkiva za potrebe regenerativne medicine.
- v. **Transdermalni vnos zdravil** (Zorec in sod., 2015). Če kožo izpostavimo električnemu polju, se v roženi plasti (*stratum corneum*) oblikujejo vodni kanali, skozi katere v globlje plasti kože lahko vnesemo različne zdravilne učinkovine (na primer molekule različnih velikosti, cepiva DNA), kar bi v fizioloških razmerah bilo nemogoče.
- vi. **Pasterizacija hrane** (Saldana in sod., 2014; Gomez in sod., 2019). Z elektroporacijo lahko brez toplotne obdelave uničimo morebitno prisotne mikroorganizme v različnih prehrabnih pripravkih (na primer sadnih sokovih, zelenem čaju, mleku in mlečnih pripravkih, mesu, ribah). Ker pri takšni obdelavi ne pride do povišanja temperature, kot je

značilno za klasično pasterizacijo, hrana ohrani visoko vsebnost vitaminov, mineralov, antioksidantov in drugih pomembnih hranil. Pri klasični pasterizaciji hrano segrevamo namreč do zelo visokih temperatur (vendar manj kot 100 stopinj Celzija), s čimer sicer uničimo nevarne mikroorganizme, vendar hkrati tudi vitamine in ostala mikrohranila v hrani.

- vii. **Ekstrakcija snovi iz mikroorganizmov oziroma molža mikroorganizmov** (Martinez in sod., 2020). Povečana prepustnost membrane ter uhajanje molekul iz celice kot posledica elektroporacije omogočata prehod različnim molekulam tudi iz celice. Tako lahko hitro in enostavno ekstrahiramo lipide, proteine, pigmente, encime in DNA iz mikroalg, kvasovk ali bakterij. Prednost

Slika 4: Z elektroporacijo (srednja slika) povečamo prepustnost bakterijske membrane in tako lahko pridobimo njene notranje molekule. Bakterija večinoma preživi in jo lahko ponovno uporabimo. Z ostalimi mehanskimi metodami (kot je mletje s kroglicami) pa bakterijo lahko popolnoma uničimo.



metode pred ostalimi ekstrakcijskimi metodami je, da bakterijska celica postopek preživi (slika 4) in jo lahko ponovno uporabimo.

Molža bakterij z elektroporacijo

Na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani raziskave elektroporacije potekajo že sedemindvajset let. V zadnjih letih so se ukvarjali tudi z možnostjo molže bakterij z elektroporacijo – bakterije so izpostavili električnim sunkom (pulzom), njihova membrana je zato postala prepustna in tako so lahko ekstrahirali plazmidno DNA (pDNA) in proteine (Haberl in sod., 2013; Haberl-Meglič in sod., 2015, 2016, 2020).

Trenutno elektroporacijo že uporabljajo v prehranski industriji pri pasterizaciji sokov in tekočih hranil (na primer mleka) ter pri pridobivanju sladkorja iz sladkorne pese. Pokazali so, da z dovajanjem električnih sunkov pridobijo visok delež čiste biomolekule, pri tem pa poudarjajo, da so ključne prednosti te metode nizki energijski stroški, s čimer je elektroporacija dokazano energetsko učinkovita in okolju prijazna metoda. Številne študije uporabe elektroporacije za ekstrakcijo snovi v prehranski industriji dokazujejo, da je povprečna raba energije od 1 do 15 kilodžulov na kilogram, medtem ko

pri mehanski razgradnji ta številka naraste na 20 do 40 kilodžulov na kilogram. Pri encimski razgradnji ocenjujejo porabo energije na 60 do 100 kilodžulov na kilogram, pri segrevanju ali zamrzovanju/taljenju pa na več kot 100 kilodžulov na kilogram. To elektroporacijo uvršča v sam vrh energetske varčnih procesov za ekstrakcijo snovi (Kotnik in sod., 2015).

Do danes so številni raziskovalci dokazali, da elektroporacija omogoča hitro in enostavno ekstrakcijo lipidov iz mikroalg (Eleršek in sod., 2020), proteinov iz kvasovk (Suga in sod., 2009) kot tudi proteinov in pDNA iz bakterij (Haberl in sod., 2013; Haberl-Meglič in sod. 2015, 2016) (slika 5). Prav tako je možno selektivno sproščanje proteinov iz periplazemskega prostora bakterij (Ohshima in sod., 2000; Shiina in sod., 2007). Razvili in opisali so tudi pretočni čip, ki omogoča ekstrakcijo proteinov z elektroporacijo, kjer so z regulacijo napetosti dosegli prehodno ali stalno poškodbo membrane, kar omogoča tudi prehod nukleinskih kislin (Matos in sod., 2013). Kljub temu, da so metode že razvite, jih je treba še dodatno optimizirati, da bi dosegli višji izkoristek.

Pogoji, ki vplivajo na učinkovitost molže biomolekul iz bakterij z elektroporacijo

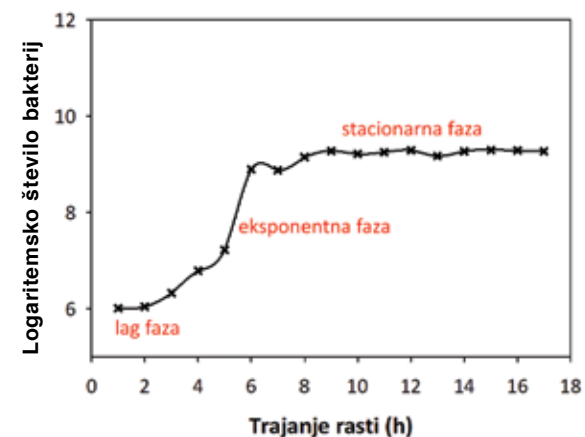
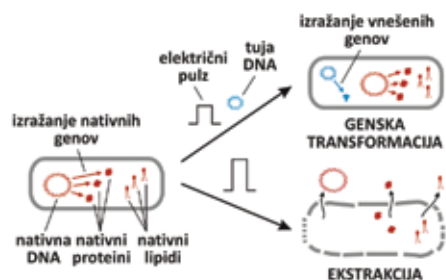
Vpliv faze rasti bakterij

Poznamo več različnih faz rasti bakterijskih celic: lag fazo oziroma fazo prilagajanja, eksponentno fazo in stacionarno fazo (slika 6). Glede na to, v kateri fazi rasti je bakterija, so lastnosti njene membrane in celične stene drugačne (razmerje proteinov in lipidov se spreminja), drugačna pa je tudi količina biomolekul v bakterijski celici.

Kakšno je stanje bakterije, ko vstopi v svojo stacionarno fazo?

i. V njeni membrani je prisotnih več proteinov v primerjavi z lipidi, zato pride do zmanjšane prožnosti membrane. Ker je elektroporacija proces, ki povzroča

Slika 5: Ob izpostavitvi električnemu polju zadostne jakosti lahko v bakterijsko celico vnesemo tujo DNA (genska transformacija) ali iz bakterije ekstrahiramo različne molekule (ekstrakcija). Povzeto po Kotniku in sod., 2015.



Slika 6: Faze rasti bakterijskih celic. Ko se bakterija nahaja v okolju, bogatem s hranili, raste najprej počasi in se prilagaja okolju. Tej fazi rečemo lag faza. Nato se bakterije začnejo intenzivno razmnoževati, njihovo število eksponentno raste. Tej fazi rečemo eksponentna faza rasti in bakterije so presnovno zelo aktivne. Ko hranil začne primanjkovati, se število bakterij ne povečuje niti ne zmanjšuje. To fazo rasti imenujemo stacionarna faza. V njej se številne celične funkcije še vedno nadaljujejo, na primer presnova energije in nekateri biosintezni procesi (Haberl - Meglič in sod., 2016).

spremembo v prepustnosti membrane, je stanje membrane (na primer njena prožnost) zelo pomembno. Ob zmanjšani prožnosti membrane je namreč elektroporacija manj učinkovita (Loghavi in sod., 2009).

ii. Bakterijska celična stena je debelejša, odpornejša, manj občutljiva za zunanje dejavnike, kot je na primer elektroporacija.

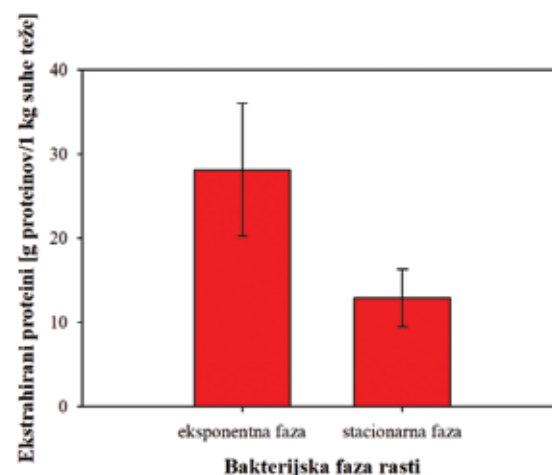
iii. Bakterije so manjše in bolj kroglaste oblike. Elektroporacija različno vpliva na različno velike celice. Manjše kot so celice, manjši vpliv ima elektroporacija. Drugače povedano, za dosego enake stopnje elektroporacije kot pri večjih celicah so potrebne bolj »grobe« razmere.

iv. Bakterije se združujejo v skupke, saj so bolj lepljive zaradi različnega naboja na zunanji membrani. Bakterijska celica v skupkih je tako v določeni meri zaščitena pred zunanjimi dražljaji, kot je na primer elektroporacija.

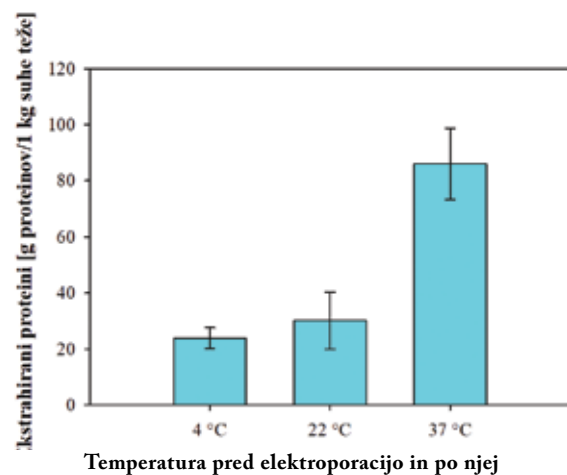
Našteto podpirajo tudi eksperimentalni rezultati. Ti so pokazali, da so bakterijske celice v stacionarni fazi manj občutljive za električne sunke in je tako izkoristek (molža biomolekul z elektroporacijo iz bakterij) manjši (slika 7) (Coustets in sod., 2015; Haberl - Meglič in sod., 2020).

Vpliv temperature

Temperatura pomembno vpliva na prožnost celične membrane in s tem na njeno prepu-



Slika 7: Vpliv faze rasti E. coli na ekstrakcijo proteinov. Povzeto po Haberl - Meglič in sod., 2020. Graf prikazuje maso proteinov (v gramih), ki jo ekstrahiramo iz enega kilograma suhe teže bakterij (bakterij, ki smo jih popolnoma posušili).



Slika 8: Vpliv temperature na ekstrakcijo proteinov iz bakterije *E. coli*. Povzeto po Haberl - Meglič in sod., 2020. Graf prikazuje maso proteinov (v gramih), ki jo ekstrahiramo iz enega kilograma suhe teže bakterij (bakterij, ki smo jih popolnoma posušili).

stnost po elektroporaciji. Za bakterijo *E. coli* je značilno, da že pri 8 stopinjah Celzija ne raste več, v njeni membrani lipidi tesno ležijo skupaj in membrana postane bolj toga, medtem ko ogrevanje povzroča nasprotno učinke. Če izpostavimo bakterijo električnim sunkom pri nižjih temperaturah, njena membrana ne postane prepustna v takšni meri kot pri 37 stopinjah Celzija in izkoristek (molža biomolekul z elektroporacijo iz bakterij) je manjši. Ta pomembni vpliv smo dokazali v raziskavah na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani (slika 8) (Haberl - Meglič in sod., 2016; Haberl - Meglič in sod., 2020).

Vpliv parametrov električnih sunkov

Bakterije lahko izpostavimo različnim električnim sunkom, pri čemer spreminjamo dolžino sunka, število sunkov, jakost električnega polja in ponavljalno frekvenco. Te parametre preprosto spreminjamo na generatorju električnih sunkov (slika 9). Izbor parametrov električnih sunkov pomembno vpliva na ekstrakcijo biomolekul iz bakterij (slika 10). Poleg višje ekstrakcije je pomembna tudi ohranitev preživetja celic oziroma njihova integriteta. Namen ekstrakcije z električnimi sunki je namreč pridobiti čim več biomolekul iz vsake posamezne celice (izboljšati izkoristek), hkrati pa zago-

toviti, da pri tej ekstrakciji ne pride do popolnega razpada in propada bakterijske celice, saj jo želimo vrniti nazaj v proizvodni proces, da si opomore in proizvede še več produkta. Poleg tega popolni razpad celic pomeni vnos dodatnih nečistoč (na primer endotoksinov, genomske DNA), ki jih je treba kasneje ločiti od tarčne biomolekule.

Kaj prinaša prihodnost

Potencialno uporabo elektroporacije v bioloških sistemih so opisali že pred petdesetimi leti. Od takrat se je to področje živahno razvijalo in uporabnost te metode se je pokazala v medicini, kozmetiki, živilski industriji in biotehnologiji.

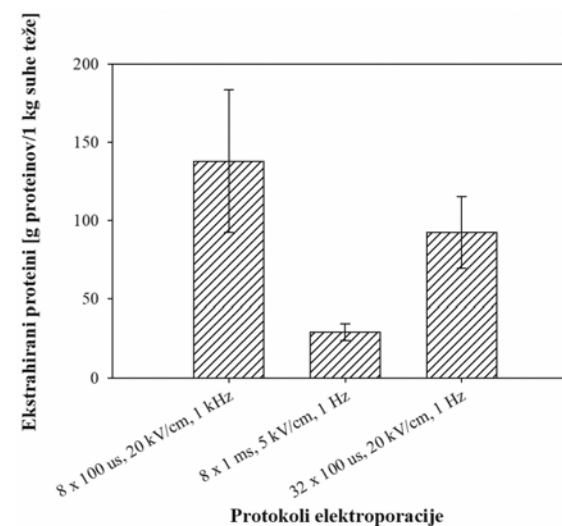
Pri uporabi elektroporacije v medicini (na primer za zdravljenje kožnih melanomov) so pokazali, da je stroškovno učinkovitejša in da se kakovost življenja znatno poveča v primerjavi z uporabo standardnih operativnih metod. Danes to metodo v kombinaciji z ostalimi standardnimi metodami zdravljenja že uporabljajo za zdravljenje nekaterih globoko ležečih tumorjev, v prihodnosti pričakujemo, da bomo z elektroporacijo lahko pozdravili tudi druge tumorje. Elektroporacija bo z gotovostjo spremenila tudi zdravljenje poškodb srca, saj se odpira novo področje srčne ablacije s to tehnologijo. Ključna prednost elektroporacije v živilski



Slika 9: Primer komercialno dostopnega generatorja električnih sunkov, kjer v programski opremi preprosto nastavimo zelene parametre (koliko električnih sunkov želimo dovajati, kakšne dolžine, s kakšno jakostjo in podobno).

industriji in biotehnologiji je, da je tehnologija, ki porablja malo energije, zato vzorca ne segreva in s tem preprečuje neželene toplotne učinke na končni izdelek. Poleg tega jo je mogoče vgraditi v katero koli neprekinjeno proizvodno linijo (kot edino tehniko ali v kombinaciji z drugimi tehnikami), kjer lahko obdelamo tudi tisoče litrov na uro. Metoda se danes že uporablja tudi pri pasterezaciji nekaterih sokov in tekoče hrane, z izboljšanjem parametrov električnih sunkov in znižanjem stroškov opreme pa bi lahko metodo uporabljali pri drugih živilih in tudi za kuhanje. Kuhanje z elektroporacijo bi namreč lahko bilo še hitrejše, omogočilo pa bi tudi ohranitev hranil in senzoričnih lastnosti hrane.

Kljub temu pa še vedno ostajajo nekatere pomanjkljivosti in omejitve, na primer razmera visoki stroški opreme. S prilagoditvijo jakosti električnega polja, števila električnih sunkov, njihove dolžine, obračanja smeri dovajanja sunkov in podobno lahko določi-



Slika 10: Vpliv različnih protokolov elektroporacije na ekstrakcijo proteinov iz bakterije *E. coli*. Povzeto po Haberl - Meglič in sod., 2020. Graf prikazuje maso proteinov (v gramih), ki jo ekstrahiramo iz enega kilograma suhe teže bakterij (bakterij, ki smo jih popolnoma posušili).

mo, za kaj bo ta metoda uporabljena. Kljub vsemu znanju, ki se je nabralo v petdesetih letih, pa moramo še vedno empirično izboljšati protokol elektroporacije glede na to, za kaj jo želimo uporabiti.

Viri in literatura:

Cornelis, F. H., in sod., 2019: Peri-tumoral metallic implants reduce the efficacy of irreversible electroporation for the ablation of colorectal liver metastases. *Cardiovascular and Interventional Radiology*, 43: 84–93.

Coustets, M., in sod., 2015: Millisecond duration pulses for flow-through electro-induced protein extraction from E-coli and associated eradication. *Bioelectrochemistry*, 103: 82–91.

Čemažar, M., in sod., 2017: Efficacy and safety of electrochemotherapy combined with peritumoral IL-12 gene electrotransfer of canine mast cell tumours. *Veterinary and Comparative Oncology*, 15: 641–654.

Dymek, K., in sod., 2015: Modeling electroporation of the non-treated and vacuum impregnated heterogeneous tissue of spinach leaves. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29: 55–64.

Eleršek, T., in sod., 2020: Electroporation as a solvent-free green technique for non-destructive extraction of proteins and lipids from *Chlorella vulgaris*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8: 443.

Gomez, B., in sod., 2019: Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *International Food Research Journal*, 123: 95–105.

Haberl, S., in sod., 2013: Comparison of alkaline lysis with electroextraction and optimization of electric pulses to extract plasmid DNA from *Escherichia coli*. *Journal of Membrane Biology*, 246: 861–857.

Haberl – Meglič, S., in sod., 2015: Protein extraction by means of electroporation from *E. coli* with preserved viability. *Journal of Membrane Biology*, 248: 893–901.

Haberl – Meglič, S., in sod., 2016: The effect of temperature and bacterial growth phase on protein extraction by means of electroporation. *Bioelectrochemistry*, 112: 77–82.

Haberl – Meglič, S., in sod., 2020: Evaluation and optimization of protein extraction from *E. coli* by electroporation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8: 543187.

Jiang, C., in sod., 2015: A review of basic to clinical studies of irreversible electroporation therapy. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62: 4–20.

Kotnik, T., in sod., 2015: Electroporation-based applications in biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 33: 480–488.

Kotnik, T., in sod., 2019: Membrane electroporation and electropermeabilization: mechanisms and models. *Annual Review of Biophysics*, 48: 63–91.

Loghavi, L., in sod., 2009: Effect of moderate electric field frequency and growth stage on the cell membrane permeability of *Lactobacillus acidophilus*. *Biotechnology Progress*, 25: 85–94.

Martinez, J. M., in sod., 2020: Pulsed electric field-assisted extraction of valuable compounds from microorganisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19: 530–552.

Matos, T., in sod., 2013: Nucleic acid and protein extraction from electropermeabilized *E. coli* cells on a microfluidic chip. *Analyst*, 138: 7347.

Miklavčič, D., in sod., 2014: Electrochemotherapy: from the drawing board into medical practice. *Biomedical Engineering Online*, 13: 29.

Mutsenko, V., in sod., 2019: Me2SO- and serum-free cryopreservation of human umbilical cord mesenchymal stem cells using electroporation-assisted delivery of sugars. *Cryobiology*, 91: 104–114.

Neumann, E., in sod., 1972: Permeability changes induced by electric impulses in vesicular membranes. *The Journal of Membrane Biology*, 10: 279–290.

Obshima, T., in sod., 2000: Releasing profiles of gene products from recombinant *Escherichia coli* in a high-voltage pulsed electric field. *Biochemical Engineering Journal*, 5: 149–155.

Olempska-Beer, Z. S., in sod., 2006: Food-processing enzymes from recombinant microorganisms—a review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 45: 144–158.

Raveendran, S., in sod., 2018: Applications of microbial enzymes in food industry. *Food Technology & Biotechnology*, 56: 16–30.

Rosazza, C., in sod., 2016: Gene electrotransfer: a mechanistic perspective. *Current Gene Therapy*, 16: 98–129.

Saldana, G., in sod., 2014: Microbiological aspects related to the feasibility of PEF technology for food pasteurization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54: 1415–1426.

Sarker, P. K., in sod., 2013: Optimization and partial characterization of culture conditions for the production of alkaline protease from *Bacillus licheniformis* P003. *SpringerPlus*, 2: 506.

Sheng, J., in sod., 2011: Evaluation of cell-disruption effects of pulsed-electric-field treatment of *Synechocystis* PCC 6803. *Environmental Science & Technology*, 45: 3795–3802.

Shiina, S., in sod., 2007: Extracellular production of α -amylase during fed-batch cultivation of recombinant *Escherichia coli* using pulsed electric field. *Journal of Electrostatics*, 65: 30–36.

Suga, M., in sod., 2009: Gene transfer and protein release of fission yeast by application of a high voltage

electric pulse. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 394: 13–16.

Sugrue, A., in sod., 2019: Irreversible electroporation for catheter-based cardiac ablation: a systematic review of the preclinical experience. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, 55: 251–265.

Tan, S. C., in sod., 2009: DNA, RNA, and Protein Extraction: The Past and The Present. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2009: 1–10.

Zorec, B., in sod., 2015: Ultrasound and electric pulses for transdermal drug delivery enhancement: Ex vivo

assessment of methods with in vivo oriented experimental protocols. *International Journal of Pharmaceutics*, 490: 65–73.

Zhou, X., in sod., 2020: Enhancement of productivity of *Chlorella pyrenoidosa* lipids for biodiesel using co-culture with ammonia-oxidizing bacteria in municipal wastewater. *Renewable Energy*, 151: 598–603.



Dr. Saša Haberl Meglič je doštudirala mikrobiologijo, doktorirala pa iz klinične biokemije in laboratorijske biomedicine (na področju genske elektrotransfekcije) na Univerzi v Ljubljani. Že vrsto let je znanstvena sodelavka v Laboratoriju za biokibernetiko na Fakulteti za elektrotehniko. Najprej je preučevala vpliv različnih dejavnikov na učinkovitost genske elektrotransfekcije, kasneje pa se je osredotočila na vpliv električnih sunkov na bakterije. Predvsem jo zanima vpliv različnih parametrov na preživetje bakterij in na ekstrakcijo ali vnos različnih molekul iz bakterij ali v njih. Sodelovala je z več slovenskimi in mednarodnimi podjetji in v več različnih slovenskih in mednarodnih projektih. Svoje znanstveno delo je predstavila tudi pred Nobelovimi nagradenci v Švici in je soavtorica članka, ki ga je Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije izbrala kot Odličnega v znanosti leta 2016. Njena bibliografija obsega dvajset člankov v recenziranih revijah in dvainosemdeset drugih znanstvenih prispevkov.

Mikroinkapsulacija fazno spremenljivih materialov z melaminsko-formaldehidno smolo za shranjevanje latentne toplote • Kemija

Mikroinkapsulacija fazno spremenljivih materialov z melaminsko-formaldehidno smolo za shranjevanje latentne toplote

Branko Alič

Učinkovita raba energije in uporaba obnovljivih virov energije sta nujni za zmanjšanje ogljičnega odtisa, kar je v korist sodobne družbe in napredne industrije. Razvoj in raziskave za učinkovito in trajnostno izkoriščanje obnovljivih virov energije, predvsem sončne energije, ki je najbolj obilna in dostopna, so intenzivne. Zaradi vse večjih potreb po energiji njihov pomen močno narašča.

Glede na možnosti, ki jih nudijo obnovljivi viri energije, je poraba električne energije za uravnavanje toplote poslovnih in bivalnih prostorov ter ogrevanje vode prevelika. Zato razvijajo tehnologije za učinkovito izkoriščanje toplote okolice (geotermalne toplote, toplote vode in zraka) predvsem z uporabo učinkovitih toplotnih črpalk in različnih hranilnikov toplote (Kalaiselvam, Parameshwaran, 2014; Luo in sod., 2015). Hranilniki toplote so navadno zbiralniki, ki so namenjeni predvsem kratkotrajnemu skladiščenju toplote v obliki zaznavne toplote.