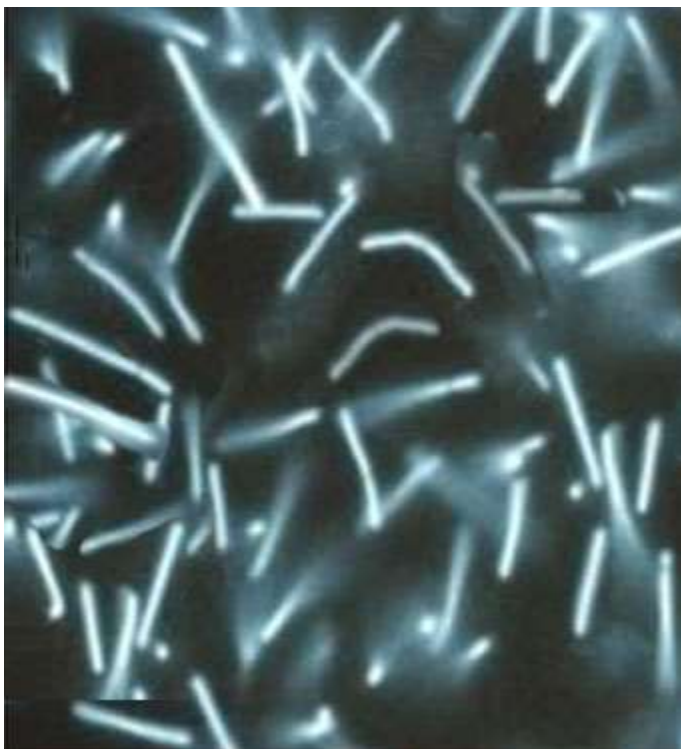


Ląstelės „ekstremalės“

Miglė Tomkuvienė



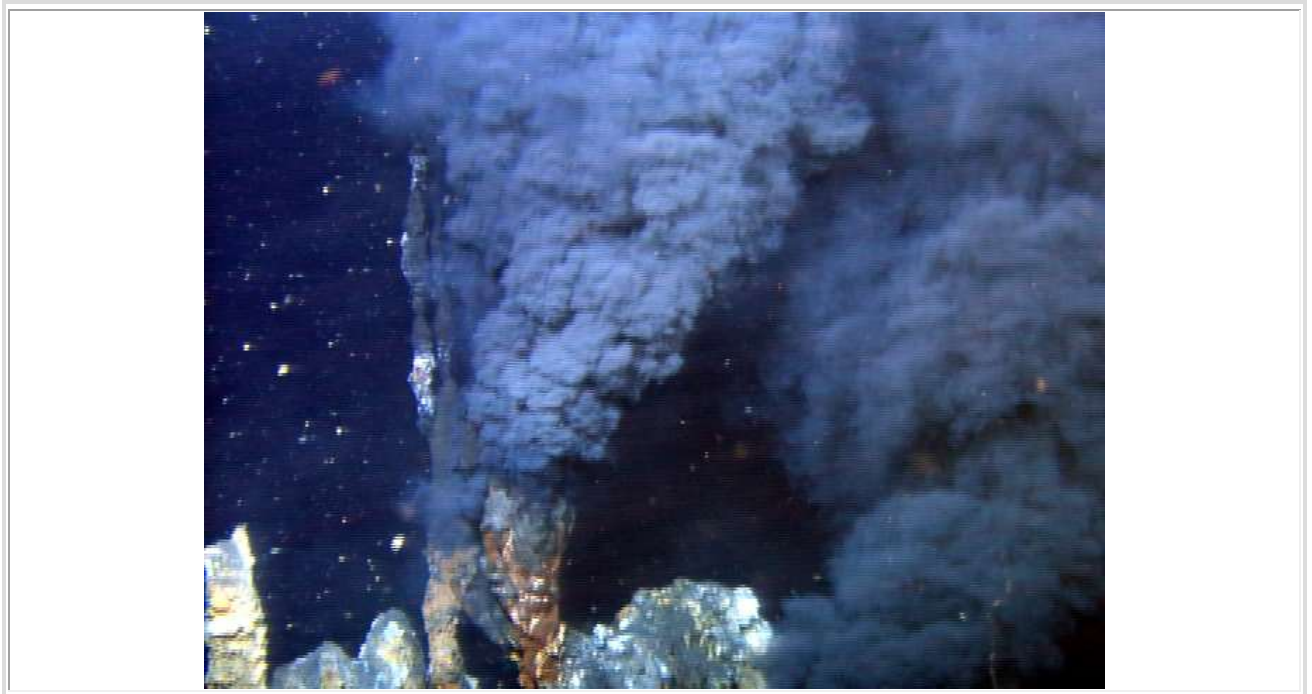
Methanopyrus kandleri. (PM Poon nuotrauka;
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Arkea.jpg>)

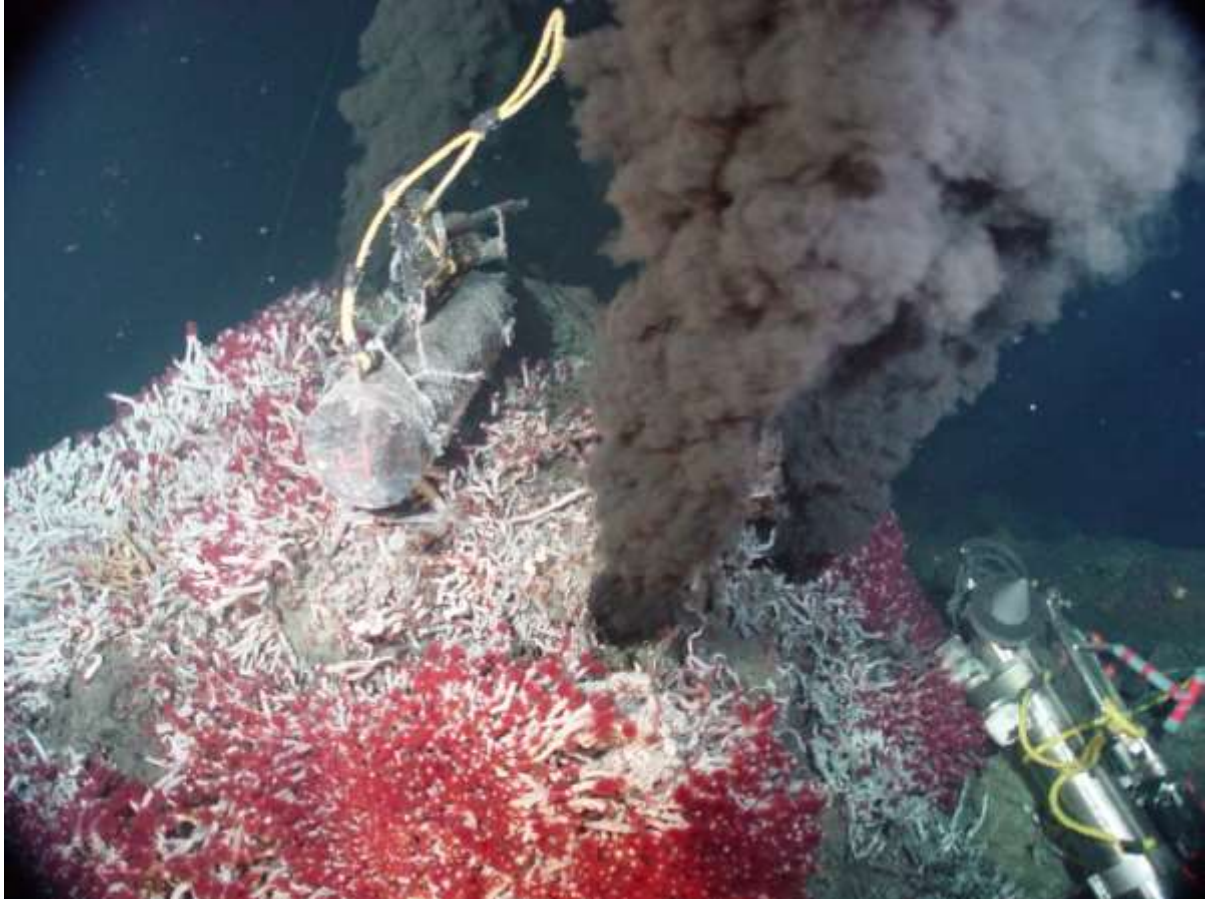
Normali žmogaus kūno temperatūra yra 37 °C (36,8 ± 0,5). Tokioje aplinkoje gyvena mūsų vidaus organų ląstelės, o net ir nedideli, kelių laipsnių, temperatūros svyravimai joms gali būti labai pavojingi. Kadangi patys nuolat išskiriame šilumą, mums optimali aplinkos temperatūra yra vidutiniškai 18–23 °C. Bet žmogus gali prisitaikyti ir išgyventi daug įvairesnėmis temperatūros sąlygomis – jos gali skirtis tiek, kiek skiriasi mūsų žiemos ir vasaros. Daugybė mus supančių organizmų taip pat geriausiai jaučiasi esant panašioms sąlygoms. Mes įpratę, kad tokia temperatūra tinkama gyvybei, ir dažnai net nesusimąstome, kad yra organizmų, kuriems šalia mūsų būtų mirtinai per šalta arba per karšta.

Termofilais – mėgstančiais šilumą (gr. *thermos* – šiltas + *phileo* – mėgstu) – vadinami organizmai, kurie auga ir dauginasi esant 45–70 °C temperatūrai. Dažniausiai tai vienaląsčiai bebranduoliai (prokariotai) – bakterijos ir archėjos^[1], gyvenančios terminiuose šaltiniuose pavyzdžiui, geizeriuose, Islandijoje, kur dėl vulkaninio aktyvumo yra gamtinių karšto vandens telkinių. Termofilai yra ir mikroorganizmai, gyvenantys pūvančiose augalų nuokritose, durpingose pelkėse, kuriose dėl intensyvaus puvimo proceso išsiskiria daug šilumos; mikroorganizmų yra netgi požeminiuose karštuose naftos telkiniuose. Tokių yra ir Lietuvoje. Mes netgi turime „savo“ termofilinę šilumą mėgstančių bakterijų rūšį, atrastą Lietuvos mokslininkų 2004 metais, ji vadinama *Geobacillus lituanicus* (Kuisienė ir kt. 2004). Šios rūšies mikroorganizmų buvo išskirta iš Girkalių gręžinio naftos. Mėginys buvo paimtas iš 2 km gylio, o temperatūra ten – 60 °C. Laboratorijoje nustatyta, kad ši bakterija geriausiai auga esant 55–60 °C temperatūrai, mažiausia jai tinkama temperatūra – 55 °C, o didžiausia – 70 °C.

Tačiau termofilus lenkia kiti – ypač mėgstantys šilumą organizmai – hipertermofilai (gr. *hyper* – virš, daugiau). Jie puikiai gyvena 80 °C ir aukštesnėje temperatūroje. Žinoma, tam reikia ir papildomų sąlygų. Tokie mikroorganizmai gyvena hidroterminiuose šaltiniuose, esančiuose vandenyno (Ramiojo, Atlanto ir Indijos) dugne, kelių kilometrų gylyje. Slėgis ten gali siekti 200 atmosferų (maždaug 2×10^7 Pa). Didelis slėgis santykinai sumažina aukštos temperatūros poveikį. Tokiose „gyvenvietėse“ randama įvairių rūšių archėjų. Šiuo metu užregistruota hipertermofilų

rekordininkė – archėja *Methanopyrus kandleri*, kuri gyvena ir dauginasi 122 °C temperatūros hidroterminiame šaltinyje Indijos vandenyno dugne. Šių archėjų taip pat randama ir Kalifornijos įlankoje. Manoma, kad yra rūšių, gyvenančių ir esant 130 °C temperatūrai. Teoriškai svarstoma, kad gyvybė negalėtų egzistuoti aukštesnėje nei 150 °C temperatūroje, nes tokiomis sąlygomis DNR nebegalėtų išlikti dvigrandė.





Hidroterminės versmės Ramiojo vandenyno dugne. Tokiose versmėse gyvena hipertermofilinės archėjos (NOAA PMEL Vents Program nuotraukos; <http://www.pmel.noaa.gov/vents/gallery/smoker-images.html>)

Kitas kraštutinumas – psichofilai (arba kriofilai, gr. *psykhros* – šaltis, gr. *kruos* – ledinis šaltis). Taip vadinami organizmai, gyvenantys, augantys ir besidauginantys esant -15 ± 10 °C temperatūrai. Aukštesnė temperatūra jiems jau nepalanki. Tokie organizmai yra vienaląsčiai dumbliai, augantys ant sniego Grenlandijoje ar Alpių viršūnėse, arba planktonas Arkties vandenyne ar bet kurio vandenyno gelmėse. Tačiau baltųjų meškų ar pingvinų taip vadinti negalime, nes jie – jau šiltakraujai organizmai, ir nors aplink spigina baisus šaltis, jų organizmo temperatūra pastovi – 37 °C (būdinga žinduoliams) ar net 42 °C (būdinga paukščiams).

Kuo įdomūs termofilai ir kriofilai? Visų pirma, stebina gamtos galia prisitaikyti ir apgyvendinti kuo daugiau įvairių teritorijų. Tiriant šių organizmų genetines ir biochemines savybes, DNR ir baltymus, atsiskleidžia genialūs būdai, kaip gamta, evoliucijos metu sprendė prisitaikymo prie ekstremalių temperatūrų problemą. Pavyzdžiui, termofilų DNR yra daug daugiau G–C (trys vandeniliniai ryšiai) nei A–T (du vandeniliniai ryšiai) bazių porų, todėl jų DNR daug patvaresnė ir išlieka dvigrandė. Termofilų transportinė ir ribosominė RNR po transkripcijos modifikuojama–prijungiamos metil- ir kitos grupės, kurios stabilizuoja RNR struktūrą ir neleidžia jai lengvai suirti. O baltymai yra kompaktiškesni, tarp aminorūgščių yra daugiau vandenilinių ryšių, o van der Waals (van der Waals) sąveika stipresnė, baltymų molekulių vidus hidrofobiškesnis, o išorė hidrofiliškesnė, palyginti su vidutinėse temperatūrose gyvenančių organizmų (mezofilų, gr. *mesos* – vidurys) baltymais (Trivedi ir kt. 2006). Visa tai termofilų ir hipertermofilų baltymams suteikia

daugiau stabilumo. Nustatyta, kad kai kurių hipertermofilų baltymų struktūra nepakinta netgi esant 200 °C temperatūrai (Frank ir kt. 1999).

Šių organizmų ir metabolizmas kitoks. Termofilinių ir hipertermofilinių archėjų plazminių membranų ir sienelių ypatumai taip pat gali lemti jų ląstelių struktūrų stabilumą. O kriofilų baltymai ir plazminės membranos, atvirkščiai, turėtų būti „laisvesnės“ struktūros, kad netgi esant minimaliai termodinaminei energijai „nesustingtų“ ir galėtų atlikti savo funkcijas. Kriofiluose taip pat yra įvairios medžiagos, neleidžiančias viduląsteliniam vandeniui šalant kristalizuotis, – biologinius antifrizus.

Galiausiai, tokių organizmų baltymai (fermentai) gali būti puikus biotechnologijos įrankis.. Juos būtų galima naudoti, kai reikia aukštoje temperatūroje neįprastai arba žemoje temperatūroje veikiančių baltymų. Pavyzdžiui, polimerazės grandininės reakcijos (PGR) metu daug kartų padauginamas norimas DNR fragmentas. Šis metodas yra labai plačiai naudojamas molekulinės biologijos, genetikos, biochemijos srityse, diagnostikoje ir vertas atskiro straipsnio. Tačiau čia tik paminėsime, kad jo esmė – dviejų DNR grandinių atskyrimas aukšta temperatūra (93–95 °C), specifinių DNR pradmenų[2] prilydimas (t. y. naujos dvigrandės DNR sudarymas su pradmenimis) vidutinėje temperatūroje ir DNR sintezė, kurią atlieka fermentas DNR polimerazė. Ciklai, sudaryti iš šių trijų etapų, kartojami iki 26–35 kartų ir taip susintetinamas didelis reikiamos DNR kiekis. Tačiau tai taip pat reiškia, kad mėginį, vykstant reakcijai, reikia tiek pat kartų įkaitinti iki 95 °C temperatūros. Anksčiau, kol turėta DNR polimerazių tik iš mezofilinių organizmų, kiekvieną kartą po DNR grandinių atskyrimo reikėdavo iš naujo į reakcijos mišinį pridėti polimerazės. Tai buvo labai nepatogu ir reikėdavo didelio fermento kiekio. Tačiau DNR polimerazė, išskirta iš geizeriuose gyvenančios bakterijos *Thermus aquaticus*, 95 °C temperatūroje nesuyra, o DNR sintezę atlieka esant 72 °C temperatūrai. Taigi, užtenka jos įdėti reakcijos pradžioje ir po 30-ies ciklų džiaugtis puikiais rezultatais. Termofilinės DNR polimerazės pritaikymas PGR reakcijai atlikti – tai revoliucija biomedicinoje. Šis metodas paplito visose biomedicinos srityse, o PGR atradėjui K. Muliui (Mullis) 1993 metais buvo skirta Nobelio premija.

Dar viena mokslo sritis, kuri nagrinėja ekstremaliomis sąlygomis galinčius gyventi organizmus, – astrobiologija, tirianti gyvybės egzistavimo kosmose ir kitose planetose galimybes. Tačiau unikalios fermentų savybės panaudojamos ne tik mokslinėse laboratorijose, bet ir pramonėje, pvz., skalbimo milteliai ar indų plovikliai, efektyvūs drungname ir karštame vandenyje, gali būti pagaminti pridėjus žemoje ir aukštoje temperatūroje veikiančių fermentų.

Literatūra

1. Kuisienė N., Raugalas J., Čitavičius D. 2004, *Geobacillus lituanicus* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54, 1991–1995.
1. Trivedi S., Gehlot H. S., Rao S. R. 2006, Protein thermostability in Archaea and Eubacteria. *Genet Mo Res.*, 5 (8) 16–17.
3. Frank T. Robb, Douglas S. Clark. 1999, Adaptation of Proteins from Hyperthermophiles to High Pressure and High Temperature. *J. Molec. Microbiol. Biotechnol.*, 1 (1), 101–105

[1] Tai vienaląsčiai bebranduoliai organizmai, kurių genetinės ir biocheminės savybės labiau panašios į eukariotų, nei į bakterijų. Jie priskiriami atskiram gyvosios gamtos domenui.

[2] Tai nedideli DNR fragmentai, nuo kurių pradeda DNR sintezę.

Miglės Tomkuvienės **pasiūlymai tiriamajam darbui**

Pasidomėkite, sudarykite žemėlapi, kur Lietuvoje galėtų gyventi termofilai ir kriofilai.

Kokiose žinomose planetose galėtų gyventi mūsų Žemės hipertermofilai ir psichrofilai?

Galite ištirti, kiek Lietuvos rinkoje esančių skalbimo miltelių yra su fermentais, leidžiančiais skalbti žemoje temperatūroje, ir ar tai pasiteisina. Tokie milteliai efektyvūs jau 30 °C temperatūroje – tai būna užrašyta ant pakuotės, o produkto sudėties apraše rasite įrašus „fermentai“ arba „enzimai“ (angl. *enzymes*, jei nėra lietuviško aprašo). Ar visi žemoje temperatūroje tinkami skalbti milteliai turi fermentų?
