

Abstract

Biotechnology is projected as a renewable alternative for producing food, materials, and various novel functional compounds. This field of science has often suffered the misconception of being sustainable, which led to being indifferent to the impacts of feedstocks and their use in diverse biotechnological transformation routes. While rampant human activities are breaching the planetary boundaries, it is timely and urgent to foresee the sustainability impact of numerous feedstocks and their valorization paths. With the need to reduce greenhouse gas emissions and enhance circularity, new compounds such as carbon dioxide, methane, methanol, formic acid, and acetic acid have emerged as potential feedstocks for bio-based processes. So far, no such database provides or compares the performance of these to conventional, sugar, lignocellulosic, and algae-based feedstocks.

In this master's thesis, the economic and environmental performances of the feedstocks, which could be upcycled by biotechnology into a wide range of products, were quantified based on literature, databases, and generated techno-economic analysis and life cycle assessment models. All the reviewed and generated data were standardized to form a database so that the sustainability of each potential feedstock could be easily compared. The main parameters considered for comparison included the geographical location, unit production cost, and environmental impact categories. The results showed that the economic and environmental performances are highly variable among the different feedstocks and the processing routes of the same feedstock. Carbon dioxide and molasses from sugar cane are overall the most sustainable compared to the other potential feedstocks. In addition, tradeoffs between economic and environmental performances are evident for several feedstocks. Nonetheless, this designed database serves as a first step for reliable feedstock selection based on sustainability criteria.

Keywords: biotechnology, conventional feedstocks, next-generation feedstocks, economic performance, environmental performance

Kokkuvõte

Biotehnoloogiat prognoositakse taastuvaks alternatiiviks toidu, materjalide ja erinevate uudsete funktsionaalsete ühendite tootmiseks. Selle teadusharu jätkusuutlikkus on sageli kannatanud arusaamade tõttu, mis on viinud ükskõiksuseni toormaterjalide mõjude suhtes ja nende kasutamisse mitmekesistes biotehnoloogilistes muundamisprotsessides. Inimtegevus on ületamas planeedi piire ning on hädavajalik ja pakiline hinnata arvukate toormaterjalide ja nende väärtustamisrajatiste jätkusuutlikku mõju. Hiljuti on vajadusest kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamiseks ja tsirkulaarsuse suurendamiseks saanud potentsiaalsed toormaterjalid bio-põhiste protsesside jaoks uued ühendid nagu süsinikdioksiid, metaan, metanool, metaanhape ja äädikhape. Seni ei ole sellist andmebaasi, mis võrdleks nende ühendite jõudlust tavapäraste, suhkru, lignotselluloosi ja vetikapõhiste toormaterjalidega.

Käesolevas magistritöös klassifitseeriti potentsiaalsed biotehnoloogilised toormaterjalid ning tuvastati erinevad teed nende toormaterjalide tootmiseks või muundamiseks, kasutades blokk skeemide diagramme. Kirjanduse, andmebaaside ja loodud tehnoloogilis-majanduslike ning eelnenud elutsükli hindamise (LCA) mudelite põhjal mõõdeti ühendite majanduslikke ja keskkonnamõjusid, mida saab biotehnoloogia abil ümber töödelda laias valikus toodeteks. Kõik ülevaadatud ja loodud andmed ning protsessid standardiseeriti ja normaliseeriti, et iga potentsiaalse toormaterjali jätkusuutlikkust saaks hõlpsasti võrrelda. Võrdluseks arvestati peamisi parameetreid, sealhulgas geograafilist asukohta, toormaterjali puhtust, tootmiskulusid ja keskkonnamõjude kategooriaid. Analüüsi tulemusel koostati toormaterjalide atlas, mis toimib alusena ideaalse substraadi valimiseks igas biotehnoloogilises protsessis, olenevalt lõplikust rakendusest ja jätkusuutlikkuse prioriteetidest. Kuigi erinevad muundamistehnikad, mis saavad toormaterjali moodustumisele lisaks rakenduda, võivad põhjustada erinevaid jätkusuutlikkuse mõjusid, see välja töötatud tööriistakomplekt toimib usaldusväärse toormaterjali valiku esimese sammuna, lähtudes jätkusuutlikkuse kriteeriumidest.

Märksõnad: biotehnoloogia, tavapärased toormaterjalid, järgmise põlvkonna toormaterjalid, majandusnäitajad, keskkonnamõju