

Gwałtowny wzrost ludzkiej populacji, nadmierna konsumpcja zasobów naturalnych oraz wysoki poziom zanieczyszczeń spowodowanych działalnością przemysłową człowieka są najważniejszymi przyczynami globalnej zmiany klimatu oraz degradacji środowiska naturalnego. Niezbędne jest poszukiwanie nowych sposobów na minimalizację zużycia surowców oraz maksymalne zmniejszenie ilości odpadów produkcyjnych. Szeroka adopcja modelu gospodarki obiegu zamkniętego - w której odpady z jednych procesów są wykorzystywane jako surowce dla innych oraz rozwój biogospodarki opartej na odnawialnych zasobach pochodzenia biologicznego mogą być potencjalnym rozwiązaniem tych problemów. Aby to umożliwić, wymagane jest opracowanie niskoenergetycznych, przyjaznych dla środowiska, wydajnych oraz specyficznych technologii konwersji strumieni odpadowych.

W 2015 roku globalna produkcja tworzyw sztucznych osiągnęła 381 milionów ton rocznie. Szacuje się, że wyprodukowano do tego czasu już 6,3 milarda ton plastiku, z czego 79% trafiło na wysypiska śmieci lub do środowiska. Polihydroksyalkaniany (PHA) są biopolimerami, naturalnie biodegradowalnymi, które postrzegane są jako doskonała alternatywa do zastąpienia tych konwencjonalnych - w większości pochodnych ropy naftowej. Obecnie, biologiczna produkcja najprostszego oraz najpopularniejszego polimeru z tej grupy - poli-3-hydroksymaślanu (PHB), przebiega z użyciem czystych szczepów bakterii oraz związków węgla pochodzenia roślinnego - zazwyczaj cukrów - jako substratu. PHB jest jednak stosunkowo mało interesującym związkiem ze względu na swój wysoki stopień krystaliczności, kruchość oraz małą elastyczność. Ogranicza to znacznie jego potencjalne zastosowania. Odpowiadając na to wyzwanie, wiele grup badawczych prowadzi badania nad biosyntezą polihydroksyalkanianów o zbliżonej strukturze, równie przyjaznym środowisku co PHB, natomiast o znacznie lepszych parametrach twardości oraz elastyczności.

Metan jest głównie używany do produkcji energii oraz ciepła w procesie spalania. Prawie $5.56 \cdot 10^8$ kg metanu jest produkowanych każdego roku ze źródeł mających związek z działalnością człowieka. Stanowi to 60% globalnych emisji tego gazu. Źródłami tymi są między innymi: wydobywanie paliw kopalnych, kompostowanie, hodowla bydła oraz spalanie biomasy. Metan jest gazem cieplarnianym - jego zwiększona emisja ma negatywne konsekwencje dla klimatu - w szczególności, że jego potencjał cieplarniany jest prawie 20-krotnie większy niż dwutlenku węgla. Niemniej jednak, metan jest potencjalnie ogromnym zasobem do produkcji wysokoprzetworzonych związków chemicznych. Jest to szczególnie istotne w kontekście wydajnych oraz odnawialnych źródeł metanu takich jak wysypiska śmieci, rolniczych beztlenowych komór fermentacyjnych lub oczyszczalni ścieków.

Potencjalnie, kopolimery PHA (np. poli-(3-hydroksymaślan-3-hydroksywalerian)) z bardziej odpowiednimi właściwościami mogą być wyprodukowane przy użyciu mieszanych kultur bakterii metanotroficznych, używając metanu jako głównego substratu. W większości tradycyjnych procesów biotechnologicznych wykorzystywane są czyste kultury bakterii - naturalnie wyizolowane lub genetycznie zmodyfikowane, co pozwala na przystępną optymalizację parametrów procesu fermentacji. Jednak fundamentalnym problemem związanym z tego rodzaju fermentacją jest wymóg sterylnych warunków operacji oraz wysokiej jakości i czystości surowców. Obiecującą alternatywą jest kontrolowane użycie otwartych mieszanych kultur bakterii. Ze względu na ogromną różnorodność oraz stopień złożoności niektórych społeczności mikroorganizmów możliwe jest ich wykorzystanie do wydajnego przetwarzania różnorodnych strumieni surowców. Co więcej, spektrum możliwych do uzyskania produktów jest większe - odpowiednio kontrolowany przez warunki fermentacji oraz skład społeczności mikroorganizmów biorących udział w procesie.

Głównym celem projektu jest zbadanie molekularnych mechanizmów wpływających na skład kopolimerów PHA, podczas fermentacji gazowej metanu z użyciem mieszanych otwartych kultur bakterii, a także zbadanie wybranych interakcji metabolicznych w takich społecznościach mikroorganizmów. W proponowanych badaniach planujemy zbadanie różnych strategii kontroli składu powstającego biopolimeru: np. poprzez zmianę stężenia oraz rodzaju źródła węgla podczas fermentacji metanu. Zwiększenie molarnego stosunku reszt hydroksykarbonylowych zawierających dłuższy łańcuch węgla (takich jak 3-hydroksywalerian) będzie również przedmiotem tego projektu.

W dłuższej perspektywie produkty tego projektu wspomogą rozwój metod biologicznego przetwarzania metanu w całą gamę odnawialnych, przyjaznych środowisku, tworzyw sztucznych o ponadprzeciętnych właściwościach. Co więcej, przy odpowiedniej kontroli warunków procesu, społeczności metanotroficzne mogą być użyte do produkcji innych naturalnych związków o wymiernej wartości przemysłowej, takich jak białko z pojedynczych komórek lub używana coraz częściej w przemyśle kosmetycznym ektoina.

Przewidujemy, że w niedalekiej przyszłości wiedza wyniesiona z tego projektu może stworzyć solidne podstawy do alternatywnego wykorzystania źródeł metanu takich jak gaz ziemny lub biogaz.