

Streszczenie popularno-naukowe

W świecie, gdzie odpady organiczne są niedostatecznie wykorzystywane, a nadmiar plastiku zanieczyszcza środowisko i żywność, naukowcy poszukują rozwiązań zgodnych z zasadami gospodarki cyrkularnej. Projekt podejmuje te wyzwania, koncentrując się na pogłębionym zrozumieniu procesów biologicznych i materiałowych zachodzących podczas fermentacji kombuczy w obecności biodegradowalnych rusztowań 3D oraz dodatków lignocelulozowych i naturalnych pigmentów. Jego celem jest zdobycie nowej wiedzy o wpływie geometrii rusztowań, aktywacji powierzchni oraz składu środowiska fermentacyjnego na wzrost SCOBY i właściwości wytwarzanej przez nią biocelulozy, jak również efektywności fermentacji kombuchy.

SCOBY to naturalna symbiotyczna matryca bakterii kwasu octowego i drożdży, która podczas fermentacji kombuczy tworzy warstwową strukturę biocelulozową. Ten samoczynny proces prowadzi do powstawania wytrzymałych, bioaktywnych filmów celulozowych, które mają potencjał aplikacyjny m.in. w naukach o żywności i materiałach funkcjonalnych. W ramach projektu analizowany będzie wpływ wybranych dodatków lignocelulozowych, takich jak fusy z kawy, wyłoki warzywne, herbata czy fermentowane soki warzywno-owocowe na właściwości bioaktywne fermentatu oraz strukturę i cechy fizykochemiczne wytwarzanej biocelulozy. Związki fenolowe, błonnik i naturalne barwniki obecne w tych dodatkach mogą wpływać zarówno na dynamikę wzrostu SCOBY, jak i na jego wartość funkcjonalną (np. aktywność przeciwutleniającą), barwę oraz mikrostrukturę. Fermentacja prowadzona będzie w obecności biodegradowalnych rusztowań 3D, wykonanych z ekologicznych polimerów (PLA, TPS), które przyjmują zróżnicowane, inspirowane naturą geometrie, m.in. plastra miodu czy układu Voronoi. Struktury te mają za zadanie wspierać rozwój SCOBY, ale również modyfikować jego końcową morfologię oraz mechaniczne właściwości powstałych materiałów. Przed fermentacją rusztowania poddawane będą aktywacji fizykochemicznej przy użyciu metod nietermicznych, takich jak zimna plazma czy ultradźwięki, a po zakończeniu procesu stosowane są różne techniki suszenia (mikrofalowa, promiennikowa, konwekcyjna czy hybrydowe) mające na celu utrwalenie struktury i zachowanie właściwości bioaktywnych. Uzyskane kompozyty będą przedmiotem badań pod kątem potencjalnego wykorzystania w branży spożywczej jako inteligentne folie opakowaniowe, wskaźnikowe membrany monitorujące jakość żywności (np. poprzez zmianę barwy w odpowiedzi na pH lub temperaturę), a także jako biodegradowalne materiały jednorazowego użytku o zwiększonej trwałości i kontrolowanej przepuszczalności dla gazów i wody.

Projekt obejmuje cztery zasadnicze etapy, począwszy od fermentacji kombuczy z dodatkami lignocelulozowymi, poprzez integrację SCOBY z biodegradowalnymi rusztowaniami 3D, aż po procesy suszenia i ocenę otrzymanych materiałów. Efektem będzie opracowanie podstawowych zależności pomiędzy parametrami materiałowo-procesowymi a właściwościami końcowymi kompozytów. Celem jest zdobycie fundamentalnej wiedzy niezbędnej do dalszego rozwoju tej klasy materiałów i ich przyszłych zastosowań. W projekcie zastosowane będą zaawansowane metody badawcze, obejmujące mikroskopię sił atomowych (AFM), spektroskopię w podczerwieni (FTIR) i w zakresie UV-Vis, analizę krystaliczności (XRD), badania właściwości termicznych (DSC, TGA), a także testy mechaniczne, pomiary kąta zwilżania oraz ocenę aktywności antyoksydacyjnej fermentatu i jego składników. Równolegle prowadzona jest analiza biodegradowalności kompozytów w warunkach zbliżonych do środowiskowych.

Badania pozwolą lepiej zrozumieć zależności pomiędzy mikrobiologicznymi i materiałowymi aspektami procesu fermentacji a właściwościami uzyskanego produktu. Projekt kładzie nacisk na wykorzystanie zasobów lokalnych i odpadowych, rozwój technologii zgodnych ze strategią „zero waste” oraz na interdyscyplinarność łączącą biotechnologię, inżynierię i mikrobiologię. Poza wymiarem naukowym projekt posiada również charakter edukacyjny, inspirując do nowego spojrzenia na żywność, odpady organiczne i ich potencjał w tworzeniu funkcjonalnych materiałów przyszłości. SCOBY przestaje być tylko składnikiem fermentowanego napoju i staje się nośnikiem wiedzy, narzędziem badań oraz przykładem naturalnego komponentu mogącego znaleźć zastosowanie w inżynierii materiałowej przyjaznej środowisku. Dzięki synergii fermentacji, mikrobiologii i nauk materiałowych, projekt umożliwi również zgłębienie fundamentalnych mechanizmów konserwacji żywności i wydłużania jej trwałości. Bioaktywne właściwości dodatków roślinnych oraz ich interakcje z matrycą SCOBY mogą potencjalnie wpływać na hamowanie rozwoju drobnoustrojów, co jest kluczowe w kontekście bezpieczeństwa żywności. Jednocześnie badania te tworzą przestrzeń do sterowania właściwościami materiałów poprzez modyfikację parametrów fermentacji i składu dodatków, umożliwiając tworzenie struktur dostosowanych do konkretnych produktów spożywczych i warunków przechowywania. Projekt otwiera nowe kierunki badań podstawowych w biotechnologii, ukazując, że odpady i mikroorganizmy mogą stanowić źródło wiedzy niezbędnej do opracowania przyszłościowych rozwiązań w zakresie jakości i trwałości żywności.