



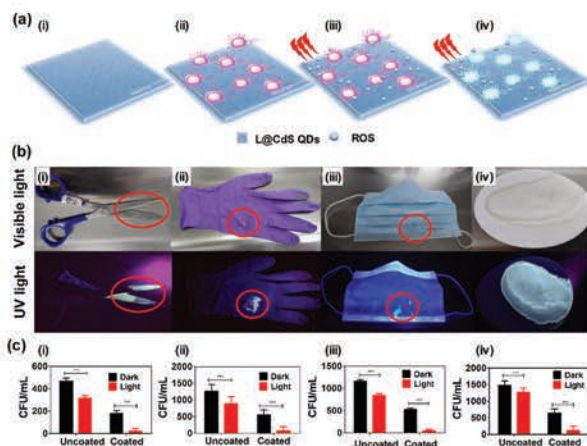
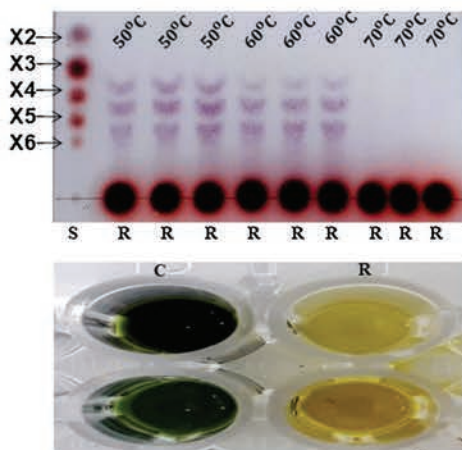
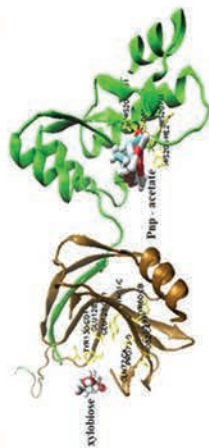
सत्यमेव जयते

जैवप्रौद्योगिकी विभाग
भारत सरकार
Department of Biotechnology
Government of India



CIAB | Mohali

वार्षिक प्रतिवेदन ANNUAL REPORT 2021-22



नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी)

CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)

स्वायत्तशासी संस्थान जैव प्रौद्योगिकी विभाग के तहत
An Autonomous Institute under the Department of Biotechnology

सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी), मोहाली, पंजाब 140306 भारत
Sector 81 (Knowledge City), Mohali, Punjab 140306 INDIA

प्रकाशक:

प्रोफेसर अश्विनी पारीक
मुख्य कार्यकारी अधिकारी
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी)
सेक्टर - 81, (नालेज सिटी),
मनौली डाकघर, मोहाली,
पंजाब 140306 भारत

मुख्य संपादक:

डॉ. सुदेश कुमार यादव

प्रकाशन समिति:

डॉ. सुदेश कुमार यादव (अध्यक्ष)
डॉ. डॉ बी बी मिश्रा
डॉ. सुधीर पी. सिंह
डॉ. निधि बुधलाकोटि

आभारक्ति:

वैज्ञानिक एवं प्रशासकीयकर्मचारीगण द्वारा सुझाव और सूचना प्रदान करने के लिए

Published by:**Professor Ashwani Pareek**

Chief Executive Officer
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB)
Sector - 81 (Knowledge City),
Manauli PO, Mohali,
Punjab 140306 INDIA

Chief Editor:

Dr. Sudesh Kumar Yadav

Publication Committee:

Dr. Sudesh Kumar Yadav (Chairperson)
Dr. Bhuwan Bhushan Mishra
Dr. Sudhir P. Singh
Dr. Nidhi Budhalakoti

Acknowledgements:

Scientists & Administrative staff for providing suggestions and information

© 2022, मुख्य कार्यकारी अधिकारी, सीआईएबी

सर्वाधिकार सुरक्षित। किसी भी अनधिकृत पुनः प्रकाशन या इस सामग्री का उपयोग निषिद्ध है। इस रिपोर्ट का कोई भी हिस्सा मुख्य कार्यकारी अधिकारी से लिखित रूप में पूर्व अनुमति के बिना किसी भी रूप में इलेक्ट्रॉनिक या मैकेनिकल, फोटोकॉपी रिकॉर्डिंग या किसी भी सूचना भंडारण और पुनर्प्राप्ति प्रणाली द्वारा प्रेषित नहीं किया जा सकता है।

© 2022, Chief Executive Officer, CIAB

All Rights Reserved. Any unauthorized reprint or use this material is prohibited. No part of this report may be reproduced or transmitted in any form or by means, electronic or mechanical, including photocopying recording or by any information storage and retrieval system without the prior permission in writing from the Chief Executive Officer.

ANNUAL REPORT 2021-22



Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB)
Mohali, Punjab 140306

सूची Contents

S No.	Particulars	Page No.
1.	कार्यकारी निदेशक की कलम से From the Desk of Chief Executive Officer	6
2.	सीआईएबी का लक्ष्य एवं उद्देश्य Vision and Mission of CIAB	10
3.	संस्थान का प्रबंधन Governance mechanism of CIAB	12
4.	मानव संसाधन Human Resource	27
5.	अनुसंधान प्रगति Research Progress	31
6.	शोध प्रकाशन Research Publications	119
7.	बाह्य अनुदान अनुदान Extramural Grants & Funding	128
8.	सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता Invited Talks by CIAB Faculty	128
9.	चित्र प्रदर्शनी Photo Gallery	133
10.	एकाउंट्स Accounts of the Institute	143

मुख्य कार्यकारी अधिकारी के डेस्क से

“बायोमास परिवर्तन के लिए नवीन प्रौद्योगिकियां:
सतत जैव-अर्थव्यवस्था की दिशा में एक प्रयास”



प्रास करने की दिशा में, कृषि-बायोमास से मूल्य वर्धित उत्पादों या प्रक्रियाओं को बनाते समय तकनीकी हस्तक्षेप प्राथमिक ध्यान होना चाहिए। कृषि क्षेत्रों और कृषि-उद्योगों से कृषि-बायोमास की मात्रा लगातार बढ़ रही है। बड़ी मात्रा में कृषि-अपशिष्ट की उपलब्धता ने मूल्य वर्धित उत्पादों के विकास के अवसर पैदा किए हैं। इस प्रयास की ओर, सीआईएबी का अनुसंधान केंद्र बायोमास उपयोग, बायोप्रोसेसिंग, खाद्य प्रसंस्करण और सिंथेटिक जीव विज्ञान के अनुसंधान क्षेत्रों में अंतराल की पहचान करने के साथ-साथ तकनीकी समाधान प्रदान करना है। संस्थान चार प्रमुख अनुसंधान एवं विकास कार्यक्रमों पर काम कर रहा है; (i) खाद्य उत्पादों के लिए प्राथमिक प्रसंस्करण अवशेषों/अपशिष्टों का मूल्यवर्धन, (ii) विशिष्ट उत्पादों और रसायनों के लिए फसल अपशिष्टों का मूल्यवर्धन, (iii) पोषण, न्यूट्रास्यूटिकल्स, और प्राथमिक प्रसंस्करण जैव उत्पादों के मूल्य या उपयोग का उन्नयन और (iv) बायोसिंथेटिक कम मात्रा-उच्च मूल्य वाले उत्पादों और औद्योगिक एंजाइमों के लिए प्रौद्योगिकी/सिंथेटिक जीव विज्ञान।

पिछले एक साल में, सीआईएबी ने पांच पेटेंट दायर किए हैं, चार पेटेंट दिए गए हैं और उच्च प्रभाव वाली सहकर्म समीक्षा पत्रिकाओं में छत्तीस शोध प्रकाशन प्रकाशित किए गए हैं। सीआईएबी ने कई उद्योगों का ध्यान भी आकर्षित किया है और सीआईएबी द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियों के लिए उनसे रुचि के भाव प्राप्त किए हैं। सीआईएबी ने स्टार्टअप्स और उद्योगों के साथ सहयोगात्मक कार्यों के लिए गैर-प्रकटीकरण समझौतों के साथ-साथ समझौता ज्ञापनों पर हस्ताक्षर किए हैं।

वर्ष के दौरान प्रमुख शोध पर प्रकाश डाला गया संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है। एसिटिलेटेड जाइलान में समृद्ध कृषि-बायोमास के हाइड्रोलिसिस के लिए जाइलानेज और डेसीटाइलेज गतिविधि के साथ एक काइमेरिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम

विकसित किया। एक दुर्लभ चीनी, डी-टैलोज के निरंतर संश्लेषण के लिए कार्बन नैनोमैटेरियल्स पर स्थिर एल-राइबोज आइसोमेरेज। कोल्ड प्लाज्मा दो अलग-अलग औद्योगिक कचरे, डी-ऑयल राइस ब्रान और कॉर्न ब्रान से पॉलीफेनोल्स की निष्कर्षण दक्षता में सुधार करने के लिए पाया गया है। इसके अलावा, प्राप्त पॉलीफेनोल्स को इन विट्रो पाचनशक्ति, सेल व्यवहार्यता और विरोधी भड़काऊ गतिविधि में बेहतर के लिए देखा गया था। विशाल ईथ (अरुंडो डोनैक्स) के प्रेट्रेटेड बायोमास से बायोएथेनॉल का उत्पादन करने के लिए मेथरोजाइमा गिलियरमंडी पी14 की क्षमता का प्रदर्शन किया। महुआ फूल से एक नए यीस्ट स्ट्रेन मेथरोजाइमा कैरिबिका एम72 की पहचान की और चावल के भूसे से बायोएथेनॉल उत्पादन में इसके उपयोग का प्रदर्शन किया। ट्रेहलोज और ट्रेहलुलोज के उत्पादन के लिए एक उपन्यास ट्रेहलोज सिंथेज (ट्रेम) की पहचान की गई और इसकी विशेषता थी। एक उपन्यास एमाइलोलुसिफेज (एस्मेट) को जैव रासायनिक रूप से α -arbutin उत्पादन के लिए ग्लाइकोसिल डोनर के रूप में सुक्रोज और ग्लाइकोसिल स्वीकर्ता के रूप में हाइड्रोक्विनोन का उपयोग करने की विशेषता थी। स्टार्च को आलू के छिलके के बायोमास से अलग किया गया था और पुलम उपचार द्वारा डीब्रांचिंग के अधीन किया गया था जिसके परिणामस्वरूप प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III का उत्पादन हुआ था।

मैंगो बटर की तैयारी की विशेषता बताई और चॉकलेट विकल्प फॉर्मूलेशन में कोकोआ मक्खन को बदलने के विकल्प के रूप में इसके उपयोग का प्रदर्शन किया। चावल के अवशेषों से जाइलिटोल तैयार करने की एक प्रक्रिया विकसित की। बैक्टीरियल किण्वन द्वारा पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट का उत्पादन, और इसके व्युत्पन्न डिजाइन को अंजाम दिया गया है। सुपरक्रिटिकल CO₂ एक्सट्रैक्टर के माध्यम से लैंगरस्ट्रोमिया स्पीशीज से निकाले गए बायोएन्टिबयौगिक। पेक्टिन और सेल्युलोज नैनोक्रिस्टल के लिए औद्योगिक सेब अपशिष्ट बायोमास की खोज। इसके अलावा, अलंगल बायोमास अवशेषों से नैनोसेल्युलोज उत्पादन की प्रक्रिया को बढ़ाया।

कम मूल्य के सिट्रोनेला पत्ते के आवश्यक तेल का उपयोग पी-मेंथेन-3,8-डायोल समृद्ध सिट्रोनेला तेल के उत्पादन के लिए एक सबस्ट्रेट के रूप में किया गया था, जिसका उपयोग कीट प्रतिकारकों में किया जाता है। खाद्य क्षेत्र में अनुप्रयोगों के लिए ब्यूटिया मोनोस्मर्मा (पलाश) से एक प्राकृतिक डाई पृथक, और विशेषता। कृषि-बायोमास आधारित लिग्निन का उपयोग सीडीएस डॉट्स तैयार करने के लिए किया गया था, जिनका उपयोग संवेदन और पहचान योग्य फोटोडायनामिक कोटिंग्स के लिए बहु-कार्यात्मक मंच के रूप में किया गया था। इसके अलावा, लिग्निन-आधारित धातु ऑक्साइड और बायमेटल ऑक्साइड (ZnO, TiO₂, और ZnO-TiO₂) नैनोकम्पोजिट विकसित और विशेषता और सामान्य रंगों के फोटोकैटलिटिक क्षरण में सफलतापूर्वक उपयोग किए गए थे। लिग्निन व्युत्पन्न कॉपर ऑक्साइड नैनोस्ट्रक्चर भी तैयार किए गए थे जो रोगजनक निषेध के प्रति प्रभावकारिता दिखाते थे।

हमने रासायनिक उत्प्रेरण मार्ग के माध्यम से 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल (एक तरल ईंधन अग्रदूत) और विभिन्न स्वास्थ्य-लाभकारी शर्करा (जैसे फ्रुक्टोज और ऑलुलोज) के लिए ग्लूकोज परिवर्तन के लिए प्रभावी ग्लूकोज अपघटन के लिए कम लागत वाले उत्प्रेरकों को डिजाइन और विकसित किया है। इस तरह, बायोमास-व्युत्पन्न ग्लूकोज को मूल्यवर्धन के लिए विभिन्न प्रकार के उत्पाद रसायनों में परिवर्तित किया जा सकता है। लिग्निन का जैव-तेल में पायरोलिसिस आशाजनक है और एक अच्छा ईंधन स्रोत प्रदर्शित करता है। उच्च ऑक्सीजन सामग्री के कारण जैव-तेल भंडारण स्थिरता को कम करता है, इस प्रकार तेल परिवहन की क्षमता को सीमित करता है। इस संबंध में, TiO₂-ZrO₂ और Nb₂O₅-ZrO₂ पर Ni की कम धातु लोडिंग के साथ एक मॉडल यौगिक के रूप में एनीसोल के डीऑक्सीजनेशन के लिए एक प्रक्रिया विकसित की गई है, जो एक डीऑक्सीजनेट उत्पाद, बेंजीन के लिए एक उच्च चयनात्मकता प्राप्त करती है।

सीआईएबी ने राष्ट्रीय महत्व के विभिन्न कार्यक्रमों जैसे राष्ट्रीय विज्ञान दिवस,

FROM THE DESK OF CHIEF EXECUTIVE OFFICER

*"Innovative technologies for biomass transformation:
an effort towards sustainable bio-economy"*



Towards attaining sustainability in economy, technological interventions should be the primary focus while making value added products or processes from agro-biomasses. The amount of agro-biomass from agriculture fields and agro-industries is continuously increasing. Availability of large amount of agro-waste has created the opportunities for value added products development. Towards this effort, CIAB's research focus is to identify gaps in the research areas of biomass utilization, bioprocessing, food processing and synthetic biology as well as to provide technological solutions. Institute is working on four major R & D programmes; (i) Value addition to primary processing residue/ wastes for edible products, (ii) Valorization of crop wastes for specialty products and chemicals, (iii) Nutritional, nutraceuticals, and upgradation of value or use of primary processing bioproducts and (iv) Biosynthetic technology/synthetic biology for low volume-high value products and industrial enzymes.

In last one year, CIAB has filed five patents, four patents have been granted and published thirty-six research publications in high impact peer reviewed journals. CIAB has also attracted the attentions of several industries and received expressions of interests from them for the technologies developed by CIAB. CIAB has signed non-disclosure agreements as well as memorandum of agreements for collaborative works with startups and industries.

Key research highlights during the year are briefly presented. Developed a chimeric bi-functional enzyme with xylanase and deacetylase activity for the hydrolysis of agro-biomass rich in acetylated xylan. Immobilized L-ribose isomerase

on carbon nanomaterials for the sustained synthesis of a rare sugar, D-talose. Cold plasma has been found to improve the extraction efficiency of polyphenols from two different industrial wastes, de-oiled rice bran and corn bran. Also, the obtained polyphenols were observed for better in vitro digestibility, cell viability and anti-inflammatory activity. Demonstrated the ability of *Meyerozyma guilliermondii* P14 to produce bioethanol from pre-treated biomass of giant reed (*Arundo donax*). Identified a novel yeast strain *Meyerozyma caribbica* M72 from mahua flower and demonstrated its use in bioethanol production from rice straw. A novel trehalose synthase (TreM) was identified and characterized for the production of trehalose and trehalulose. A novel amylosucrase (Asmet) was biochemically characterized for α -arbutin production using sucrose as glycosyl donor and hydroquinone as glycosyl acceptor. Starch was isolated from potato peel biomass and subjected to debranching by PulM treatment that resulted in the production of resistant starch type III.

Characterized the preparation of mango butter and demonstrated its use as an alternative to replacing cocoa butter in chocolate substitute formulations. Developed a process for xylitol preparation from rice residues. Production of polyhydroxybutyrate by bacterial fermentation, and its derivative design has been carried out. Extracted bioactive compounds from *Lagerstroemia speciosa* through supercritical CO₂ extractor. Exploring the industrial apple waste biomass for pectin and cellulose nanocrystals. Also, upscaled the process of nanocellulose production from algal biomass residues.

Low value citronella foliage essential oil was used as a substrate for production of p-menthane-3,8-diol enriched citronella oil for application in insect repellants. Isolated, and characterized, a natural dye from *Butea Monosperma* (Palash) for applications in food sector. Agri-biomass based lignin was utilized to prepare CdS dots which were used as multifunctional platform for sensing and wearable photodynamic coatings. Further, Lignin-based metal oxide and bimetal oxide (ZnO, TiO₂, and ZnO-TiO₂) nanocomposites were developed and characterized and successfully used in the photocatalytic degradation of common dyes. Lignin derived copper oxide nanostructures were also prepared which showed efficacy towards pathogen inhibition.

We have designed and developed low-cost catalysts for effective glucose decomposition to 5-hydroxymethylfurfural (a liquid fuel precursor) and glucose transformation to various health-beneficial sugars (like fructose and allulose) via a chemical catalysis pathway. In this way, biomass-derived glucose can be converted into a variety of product chemicals for value-addition. The pyrolysis of lignin to bio-oil is promising and exhibits a good fuel source. Bio-oil reduces storage stability due to high oxygen content, thus limiting the potential of oil transportation. In connection with this, a process for the deoxygenation of anisole as a model compound with a low metal loading of Ni on TiO₂-ZrO₂ and Nb₂O₅-ZrO₂ has been developed, obtaining a high selectivity towards a deoxygenated product, benzene.

CIAB celebrated various events of national importance with great enthusiasm such as National Science Day, Rashtriya Swachhta Diwas, Republic Day, Hindi Pakhwara, Vigilance Awareness Week etc. Institute has also participated in National Science Congress and IISF-2021. CIAB has organized regular lectures under Science Setu Open day event to cele-

राष्ट्रीय स्वच्छता दिवस, गणतंत्र दिवस, हिंदी पखवाड़ा, सतर्कता जागरूकता सप्ताह आदि को बड़े उत्साह के साथ मनाया। संस्थान ने राष्ट्रीय विज्ञान कांग्रेस और आईआईएसएफ-2021 में भी भाग लिया है। सीआईएबी ने हमारे देश की आजादी के 75 साल पूरे होने के उपलक्ष्य में विज्ञान सेतु ओपन डे कार्यक्रम के तहत नियमित व्याख्यान आयोजित किए हैं। संस्थान ने स्कूल और कॉलेज के छात्रों के लिए ओपन डे, सार्वजनिक व्याख्यान और सेमिनार भी आयोजित किए। सीआईएबी ने राष्ट्रीय स्तर पर प्रौद्योगिकियों की विभिन्न प्रदर्शनी में भाग लिया।

मैं डॉ. जितेंद्र सिंह जी, विज्ञान और प्रौद्योगिकी और पृथ्वी विज्ञान राज्य मंत्री (स्वतंत्र प्रभार) के लिए उनके महत्वपूर्ण और मूल्यवान इनपुट और कर्मचारियों को प्रेरित करने और संस्थान के विभिन्न अनुसंधान कार्यक्रमों में सुधार के लिए निरंतर समर्थन के लिए अपनी कृतज्ञता व्यक्त करना चाहता हूँ। उन्होंने विभिन्न अवसरों पर संस्थान को संबोधित किया और उपलब्धियों की सराहना की और कर्मचारियों और छात्रों को प्रेरित किया।

मैं डॉ. राजेश एस गोखले, सचिव, जैव प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) और अध्यक्ष, जीबी और जीबी के सभी सदस्यों को विभिन्न अनुसंधान गतिविधियों को सही दिशा और आकार देने के लिए उनके बहुमूल्य सुझावों के लिए धन्यवाद देता हूँ। मैं डॉ. राजेश जैन, अध्यक्ष, वैज्ञानिक सलाहकार समिति (एसएसी) और सैक के सभी सदस्यों का भी आभारी हूँ जिन्होंने वैज्ञानिक प्रगति, वैज्ञानिकों की प्रेरणा, मार्गदर्शन और बौद्धिक इनपुट के महत्वपूर्ण मूल्यांकन के लिए नए कार्यक्रमों और पहलों को विकसित करने में मदद की है। साथ ही संस्थान की अनुसंधान योजनाओं और गतिविधियों पर ध्यान केंद्रित किया है।

मैं व्यक्तिगत रूप से प्राप्त समर्थन और सहयोग को स्वीकार करता हूँ। श्री विश्वजीत सहाय, अतिरिक्त सचिव और वित्तीय सलाहकार; और श्री. सी.पी. गोयल, संयुक्त सचिव, डीबीटी विभिन्न वित्तीय और प्रशासनिक मामलों में। मैं डॉ. वैशाली पंजाबी, वैज्ञानिक एफ, जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के संस्थानों की सभी गतिविधियों को चलाने में उनके समर्थन और सहयोग के लिए और डीबीटी और संस्थान के बीच एक बहुत मजबूत लिंक प्रदान करने के लिए अपनी ईमानदारी से धन्यवाद देना चाहता हूँ।

मैं अपने वैज्ञानिकों, कर्मचारियों और छात्रों के प्रयासों और उपलब्धियों की बहुत सराहना करता हूँ जो वर्ष 2021-22 की इस वार्षिक रिपोर्ट में परिलक्षित होते हैं। डॉ. सुदेश कुमार यादव, डॉ. भुवन भूषण मिश्रा, डॉ. सुधीर पी. सिंह और डॉ. निधि बुधलाकोटि को वार्षिक रिपोर्ट के संकलन और संपादन में उनकी मदद के लिए मैं विशेष धन्यवाद देता हूँ। मैं सीआईएबी में अपने सभी सहयोगियों को धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने सीआईएबी के विकास और विकास के लिए अपनी-अपनी भूमिकाओं और जिम्मेदारियों में ईमानदारी से काम किया है।

एस/डी

प्रोफेसर अश्विनी पारीक

मुख्य कार्यकारी अधिकारी

सेंटर ऑफ़ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (CIAB)

मोहाली, पंजाब

brate 75 years of Independence of our country. Institute also conducted open day for school and college students, public lectures, and seminars. CIAB participated in various Exhibition of Technologies at national levels.

I would like to express my sincere gratitude to Dr Jitendra Singh ji, Honorable Minister of State (Independent Charge) for Science and Technology and Earth Sciences for his critical and valuable inputs and continuous support to motivate the staff and improve various research programmes of the institute. He addressed the institute at various occasions and appreciated the achievements and motivated the staff and students.

I sincerely acknowledge and express my thanks to Dr Rajesh S. Gokhale, Secretary, Department of Biotechnology (Govt. of India) and Chairperson, GB and all the members of the GB for their valuable suggestions in giving right direction and shape to various research activities of the institute. I am also grateful to Dr. Rajesh Jain, Chairman, Scientific Advisory Committee (SAC) and all the members of the SAC for their critical evaluation of scientific progress, motivation of scientists, guidance and intellectual inputs which has helped in evolving new programmes and initiatives as well as in focus of the research plans and activities of the Institute.

I personally acknowledge the support and cooperation received from Sh. Vishvajit Sahay, Additional Secretary and Financial Advisor; and Shri. C.P. Goyal, Joint Secretary, DBT in various financial and administrative matters. I would like to place on record my sincere thanks to Dr. Vaishali Panjabi, Scientist F, Department of Biotechnology, Government of India for her support and cooperation in running all the activities of the institutes and providing a very strong link between DBT and the institute.

I highly appreciate the efforts and achievements of my scientists, staff and students that are reflected in this annual report for the year 2021-22. My special thanks are due to Dr. Sudesh Kumar Yadav, Dr. Bhuwan Bhushan Mishra, Dr. Sudhir P. Singh and Dr. Nidhi Budhalakoti for their help in compiling and editing of the annual report. I thank all my colleagues at CIAB who have worked sincerely for the growth and development of CIAB in their respective roles and responsibilities.

s/d-

Professor Ashwani Pareek

Chief Executive Officer

Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB)

Mohali, Punjab

लक्ष्य

जैव-प्रसंस्करण एवं जैव-उत्पाद अनुसंधान एवं विकास प्रणाली, ज्ञान, प्रौद्योगिकी में लीडर्स इत्यादि को उत्पादन प्रणाली से जोड़ने वाली मुख्य अनुसंधान एवं नवाचार संस्था होना तथा कृषि प्रसंस्करण व कृषि खाद्य उत्पाद संबंधी उद्यमियता के लिए पोषितित्य पटल के रूप में सेवा करने के साथ-साथ जैव प्रसंस्करणीय उत्पादों के लिए पद्धतियों व प्रौद्योगिकियों के विनययोग, नवाचार एवं संवर्धन में अग्रणी भूमिका का निर्वाह करना ताकि प्रगामी कार्यतः राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय संस्थानों तथा उद्यमों के साथ संप्रको/नेटवर्को/सभागिताओं के द्वारा कृषि उद्योग उत्प्रेरित हो सके।

दूरदृष्टिकोण

- गौण कृषि को बढ़ावा देने के लिए कृषि-खाद्य/कृषि-उपज के जैव प्रसंस्करण से सम्बंधित पद्धतियों और प्रौद्योगिकियों का परीक्षण, वैधता प्रदान करना, रूपांतरण, नवाचार, सुधार, संवर्धन और उन्हें सहयोजित करना।
- प्रयोगशाला से बाजार श्रृंखला में उद्यमियों/हितधारकों इत्यादि को प्रौद्योगिकी प्रदर्शन, प्रशिक्षण, एवं उन्हें संगठित करने के साथ साथ कृषि खाद्य एवं माध्यमिक कृषि क्षेत्रों में उत्पादों के विकास, प्रौद्योगिकी रूपांतरण, उत्पाद गुणवत्ता आवासन इत्यादि के लिए जैव संसाधन संबंधी ज्ञान एवं उन्नत अनुसंधान एवं विकास मार्ग एवं संभावनाओं का सृजन करना।

उद्देश्य

- जैव-भार, कृषि-खाद्य, कृषि-उत्पाद इत्यादि के प्रसंस्करण संबंधित या प्रासंगिक ज्ञान, पद्धतियों, प्रौद्योगिकियों तथा प्रक्रियाओं में नवाचार, ईष्टतमीकरण, संवर्धन एवं विनियोगों को कार्यान्वित करना।
- जैव-प्रसंस्करण संसाधनों, प्रक्रियाओं और उत्पादों इत्यादि से संबंधित प्रशिक्षण, तकनीकी हस्तक्षेप, मूल्य संवर्धन, विचार सृजन एवं मूल्यांकन और मॉडल (नों) आदि के माध्यम से जैव-प्रसंस्करण और कृषि-खाद्य क्षेत्र में सुधार एवं परिवर्तन को उत्प्रेरित करना।
- मूल्य-वर्धित/नए/नवीन उत्पादों के विकास के लिए जैव प्रसंस्करण से संबंधित नवाचार प्रणाली को अग्रिम और समन्वित करना और सामान्य हित समूहों/कंपनियों/ उद्यमियों आदि के लिए उदभवन/सेवा मंच के रूप में सेवा करना।
- नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी), राष्ट्रीय कृषि-खाद्य जैव प्रौद्योगिकी संस्थान (नाबी) और/या सार्वजनिक उपक्रमों और/या उन केंद्रों द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियों और प्रक्रियाओं के परीक्षण, सत्यापन, अनुकूलन, अप-स्केलिंग आदि की सुविधा के लिए भारत में और विदेशों में सार्वजनिक अधिकार क्षेत्र/ओपन सोर्स और/या अन्य स्रोतों से, मालिकाना मुद्दों के मामले में लाइसेंसिंग/समझौते/ पारस्परिक सहमति आदि के माध्यम से उन्हें वैधता प्रदान करना।

VISION

To be a nodal research and innovation organization linking leads etc. of bioprocess and bioproduct R&D system knowledge, technology with production system, and serve as incubatorial platform for agri-process and agri-food-product related entrepreneurship along with a frontal role in translation, innovation, optimization and upscaling of approaches and technologies for bioprocessing products to catalyze agro-industrial growth through progressive functional linkages and networking/ collaborations with institutions and industries nationally and globally.

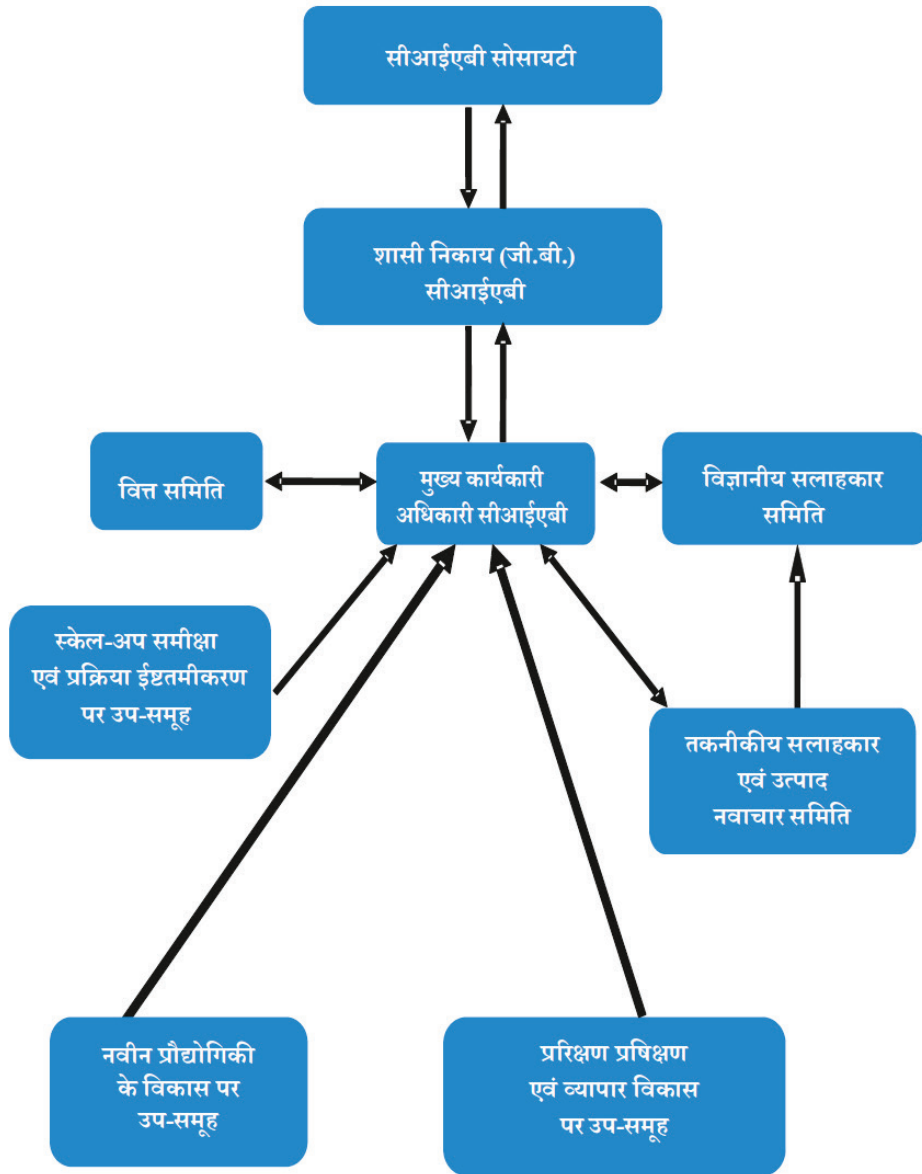
MISSION

- ◆ To test, validate, translate, innovate, improve, upscale and integrate approaches and technologies related to bioprocessing of agri-food/agri-mass for promotion of secondary agriculture.
- ◆ To generate bioresources related knowledge and advance R&D leads and potential for the growth of research and innovation systems towards products development, technology translation, product quality assurance etc. in the sectors of agri-food and secondary agriculture including technology demonstrations, training, clustering of entrepreneurs / stakeholders etc. in the lab-to-market chain.

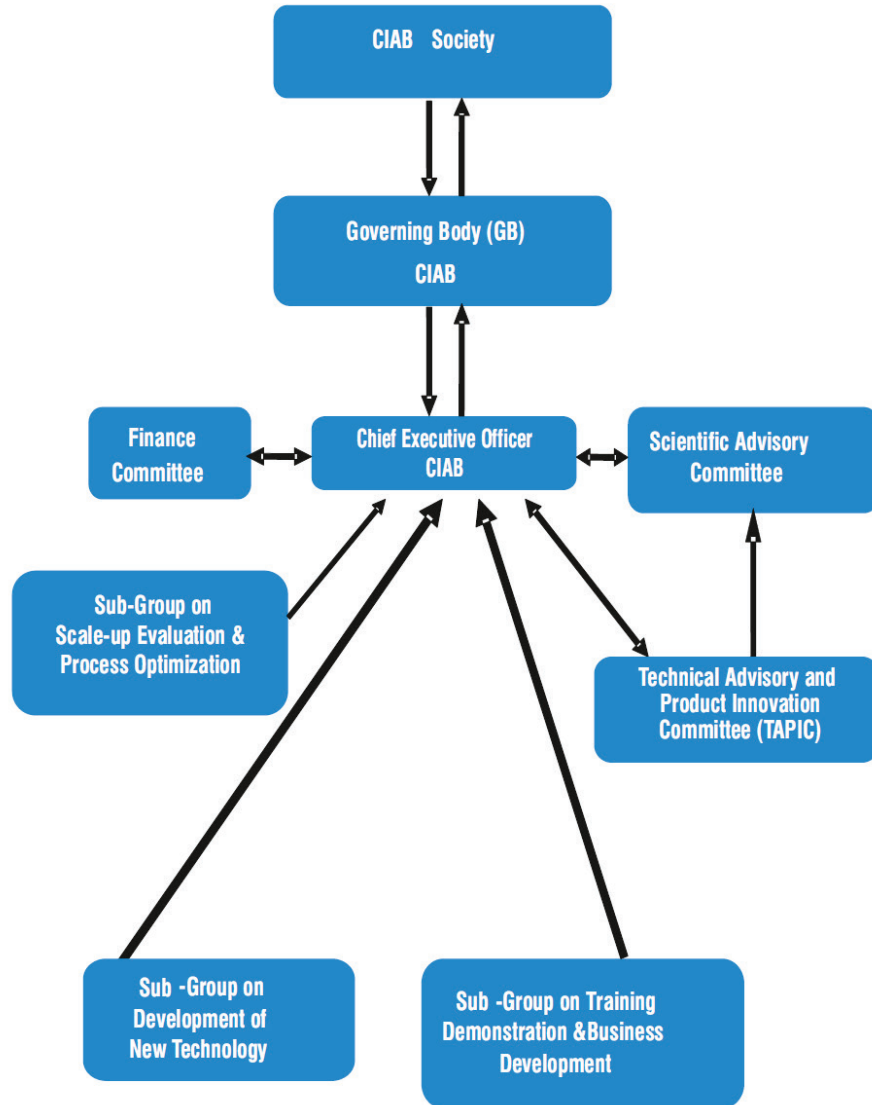
OBJECTIVES

- ◆ To carry our innovations, optimization, up-scaling and translation of knowledge, approaches, technologies and processes related and/or relevant to processing of biomass, agri-food, agri-produce etc.
- ◆ To catalyse improvement and transformation of bio-processing and agri-food sector through training, technological interventions, value addition, cultivating and evaluating ideas and model(s) etc. related to bioprocessing resources, processes and products etc.
- ◆ To promote synergism among bioprocessing interest/relevant entrepreneurs, industrial establishments, start-up companies, resource holders, research and development institutes, educational and service institutions individuals or innovator groups to function in partnership and/or collaborative mode.
- ◆ To advance and synergise innovation system related to bioprocessing for development of value-added/new/novel products and to serve as an incubator/service platform for the common interest groups/companies/entrepreneurs etc.
- ◆ To facilitate testing, validation, optimization, up-scaling etc. of the technologies and processes developed by the Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB), National Agri-Food Biotechnology Institute (NABI) and /or public Institutions and/or those available through public domain/open source and/or from other sources in India and abroad, after acquiring/adopting them through licensing /agreement/mutual understanding/consent etc. in case of proprietary issues.

सीआईएबी का शासन तंत्र



Governance Mechanism of CIAB



शासी निकाय जीबी
वित्त समिति एफसी
संस्थान की बाहरी समितियां

Governing
Body **GB**

Finance
Committee **FC**

External Committees
of the

INSTITUTE

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी) की सोसाइटी

डॉ. जितेंद्र सिंह

अध्यक्ष (पदेन)

माननीयकें द्रीयविज्ञान और प्रौद्योगिकी और पृथ्वीमंत्रिविज्ञान, (स्वतंत्र प्रभार)
नई दिल्ली

श्री भगवंत मन्त्रू

सदस्य (पदेन)

माननीय विज्ञान, प्रौद्योगिकी मंत्री और
पर्यावरण (पंजाब सरकार),
पंजाब सिविल सचिवालय -1, सेक्टर 1,
चंडीगढ़

डॉ. राजेश एस गोखले

सदस्य (पदेन)

सचिव, डीबीटी और अध्यक्ष शासी निकाय-सीआईएबी,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

श्री। विश्वजीत सहाय

सदस्य (पदेन)

अपर सचिव एवं वित्तीय सलाहकार
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

श्री। चैतन्य मूर्ति

सदस्य (पदेन)

सह सचिव
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

डॉ. शेखर सी मंडे

सदस्य (पदेन)

महानिदेशक,
वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सीएसआईआर),
अनुसंधान भवन, 2, रफी मार्ग, नई दिल्ली

डॉ. त्रिलोचन महापात्र

सदस्य (पदेन)

महानिदेशक,
भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर),
कृषि भवन, नई दिल्ली

श्री। दिलीप कुमार,

सदस्य (पदेन)

सरकार के प्रधान सचिव। पंजाब का
विज्ञान, प्रौद्योगिकी और पर्यावरण विभाग चंडीगढ़

डॉ. राजेंद्र सिंह परोदा

मनोनीत सदस्य

पूर्व सचिव,
कृषि विभाग
अनुसंधान एवं शिक्षा (डेयर) और महानिदेशक, भारतीय परिषद
कृषि अनुसंधान (आईसीएआर),
नई दिल्ली

डॉ. के.एस.एम.एस. राघवराव

मनोनीत सदस्य

पूर्व डायरेक्टर,
सीएसआईआर-केंद्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी
अनुसंधान संस्थान (सीएसआईआर-सीएफटीआरआई),
मैसूर

डॉ गोविंद कुमार मखरिया

मनोनीत सदस्य

प्रोफेसर,
गैस्ट्रोएंटेरोलॉजी और मानव पोषण विभाग,
एम्स, नई दिल्ली

डॉ राजीव एन. पी.

मनोनीत सदस्य

उपाध्यक्ष,
नेशनल इनोवेशन फाउंडेशन,
अहमदाबाद

मुख्य नवाचार अधिकारी,

शिक्षा मंत्रालय (भारत सरकार),
नई दिल्ली

श्री र. क. शर्मा

नॉमिनेटेड मेंबर

डायरेक्टर,
श्री बैद्यनाथ आयुर्वेद भवन पवत.
ल्टड., कोलकाता

प्रो. अश्विनी पारीक

सदस्य सचिव (पदेन)

मुख्य कार्यकारी अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार),
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी), पीओ-मनौली,
एस.ए.एस नगर, मोहाली-140306, (पंजाब)

**SOCIETY
OF
CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)**

Dr. Jitendra Singh

President (Ex-officio)
Hon'ble Minister of State of the Ministry of Science
& Technology and Earth Sciences (Independent Charge),
New Delhi

Shri Bhagwant Mann

Member (Ex-officio)
Hon'ble Minister of Science, Technology and
Environment (Govt. of Punjab),
Punjab Civil Secretariat -1, Sector 1,
Chandigarh

Dr. Rajesh S. Gokhale

Member (Ex-officio)
Secretary, DBT & Chairperson Governing Body-CIAB,
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Sh. Vishvajit Sahay

Member (Ex-officio)
Additional Secretary & Financial Advisor
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Sh. Chaitanya Murti

Member (Ex-officio)
Joint Secretary
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Dr. Shekhar C. Mande

Member (Ex-officio)
Director General,
Council of Scientific & Industrial Research (CSIR),
Anusandhan Bhawan, 2, Rafi Marg, New Delhi

Dr. Trilochan Mohapatra

Member (Ex-officio)
Director General,
Indian Council of Agricultural Research (ICAR),
Krishi Bhavan, New Delhi

Sh. Dilip Kumar

Member (Ex-officio)
Principal Secretary to Govt. of Punjab
Department of Science, Technology & Environment
Chandigarh

Dr. Rajendra Singh Paroda

Nominated Member
Former Secretary,
Department of Agriculture
Research & Education (DARE) and DG, Indian Council
of Agricultural Research (ICAR),
New Delhi

Dr. K.S.M.S. Raghavarao

Nominated Member
Former Director,
CSIR-Central Food Technological
Research Institute (CSIR-CFTRI),
Mysuru

Dr. Govind Kumar Makharria

Nominated Member
Professor,
Department of Gastroenterology & Human Nutrition,
AIIMS, New Delhi

Dr. Rajive N. P.

Nominated Member
Vice Chairperson,
National Innovation Foundation,
Ahmedabad

Dr. Abhay Jere

Nominated Member
Chief Innovation Officer,
Ministry of Education (Govt of India),
New Delhi

Shri R. K. Sharma

Nominated Member
Director,
Shree Baidyanath Ayurved Bhawan Pvt.
Ltd., Kolkata

Prof. Ashwani Pareek

Member Secretary (Ex-officio)
Chief Executive Officer (Additional Charge),
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Sector-81 (Knowledge City), PO-Manauli, S.A.S Nagar,
Mohali-140306, (Punjab)

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी) की शासकीय निकाय

डॉ राजेश एस गोखले

अध्यक्ष (पदेन)
सचिव, डीबीटी और अध्यक्ष शासी निकाय-सीआईएबी,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

श्री। विश्वजीत सहाय

सदस्य (पदेन)
अपर सचिव एवं वित्तीय सलाहकार
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

श्री। सी. पी. गोयल

सदस्य (पदेन)
सह सचिव
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

डॉ. वैशाली पंजाबी

सदस्य (पदेन)
वैज्ञानिक-ई और नोडल अधिकारी,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

प्रो. अश्विनी पारीक

सदस्य (पदेन)
मुख्य कार्यकारी अधिकारी,
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

डॉ एच प्रताप कुमार शेट्टी

मनोनीत सदस्य
प्रोफेसर,
खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग,
पांडिचेरी विश्वविद्यालय, पुडुचेरी

डॉ. एस. आर. जोशी

मनोनीत सदस्य
प्रोफेसर,
जैव प्रौद्योगिकी और जैव सूचना विज्ञान विभाग,
नॉर्थ ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी (एनईएचयू), शिलांग

डॉ जी भानुप्रकाश रेड्डी

मनोनीत सदस्य
साइंटिस्ट-'जी' और हेड,
जैव रसायन विभाग,
आईसीएमआर-राष्ट्रीय पोषण संस्थान, हैदराबाद

डॉ श्रीदेवी अन्नपूर्णा सिंह

मनोनीत सदस्य
निदेशक,
सीएसआईआर-केंद्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी अनुसंधान
संस्थान (सीएसआईआर-सीएफटीआरआई), मैसूर

डॉ. सुदेश कुमार

सदस्य (पदेन)
वैज्ञानिक-जी,
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

श्री। अनिल धनखड

सदस्य सचिव
प्रशासी अधिकारी,
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

GOVERNING BODY OF CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)

Dr. Rajesh S. Gokhale

Chairperson (Ex-officio)
Secretary, DBT & Chairperson Governing Body-CIAB,
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Sh. Vishvajit Sahay

Member (Ex-officio)
Additional Secretary & Financial Advisor
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Sh. C. P. Goyal

Member (Ex-officio)
Joint Secretary
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Dr. Vaishali Panjabi

Member (Ex-officio)
Scientist-E & Nodal Officer,
Department of Biotechnology
Block -2, 6th-8th Floor, CGO Complex,
Lodi Road, New Delhi-110003

Prof. Ashwani Pareek

Member (Ex-officio)
Chief Executive Officer,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Dr. H. Prathap Kumar Shetty

Nominated Member
Professor,
Department of Food Science & Technology,
Pondicherry University, Puducherry

Dr. S. R. Joshi

Nominated Member
Professor,
Department of Biotechnology & Bioinformatics,
North Eastern Hill University (NEHU), Shillong

Dr. G. Bhanuprakash Reddy

Nominated Member
Scientist-'G' and Head,
Department of Biochemistry,
ICMR-National Institute of Nutrition, Hyderabad

Dr. Sridevi Annapurna Singh

Nominated Member
Director,
CSIR-Central Food Technological Research
Institute (CSIR-CFTRI), Mysuru

Dr. Sudesh Kumar

Member (Ex-officio)
Scientist-G,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Sh. Anil Dhankhar

Member Secretary
Administrative Officer,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

**नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी)
की वित्त समिति**

श्री। विश्वजीत सहाय

अध्यक्ष (पदेन)
अपर सचिव एवं वित्तीय सलाहकार
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

प्रो. अश्विनी पारीक

सदस्य (पदेन)
मुख्य कार्यकारी अधिकारी,
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

श्रीमती मंजुला रंगराजन,

मनोनीत सदस्य
पूर्व सदस्य-वित्त,
रेलवे बोर्ड, रेल मंत्रालय,
भारतीय सरकार, नई दिल्ली

श्री तिलक राज बजलिया,

मनोनीत सदस्य
पूर्व उप प्रबंध निदेशक,
भारतीय लघु उद्योग विकास बैंक (सिडबी),
नई दिल्ली

डॉ सुभ्रा चक्रवर्ती,

सदस्य (पदेन)
निदेशक,
नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ प्लांट जीनोम रिसर्च (एनआईपीजीआर),
अरुणा आसफ अली मार्ग, नई दिल्ली - 110067

डॉ. वैशाली पंजाबी

सदस्य (पदेन)
नोडल अधिकारी और वैज्ञानिक-ई, जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

श्री। अनिल धनखड

सदस्य (पदेन)
प्रशासी अधिकारी,
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

श्री। अनिल धनखड

सदस्य सचिव (पदेन)
वित्त अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार),
सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

FINANCE COMMITTEE OF CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)

Sh. Vishvajit Sahay

Chairman (Ex-officio)
Additional Secretary & Financial Advisor
Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Prof. Ashwani Pareek

Member (Ex-officio)
Chief Executive Officer,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Mrs. Manjula Rangarajan

Nominated Member
Former Member-Finance,
Railway Board, Ministry of Railways,
Government of India, New Delhi

Shri Tilak Raj Bajalia

Nominated Member
Former Deputy Managing Director,
Small Industries Development Bank of India (SIDBI),
New Delhi

Dr. Subhra Chakraborty

Member (Ex-officio)
Director,
National Institute of Plant Genome Research (NIPGR),
Aruna Asaf Ali Marg, New Delhi – 110067

Dr. Vaishali Panjabi

Member (Ex-officio)
Nodal Officer and Scientist-E, Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Sh. Anil Dhankhar

Member (Ex-officio)
Administrative Officer,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Sh. Anil Dhankhar

Member Secretary (Ex-officio)
Finance Officer (Additional Charge),
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी) की वैज्ञानिक सलाहकार समिति

डॉ राजेश जैनी

अध्यक्ष

पनेसिया बायोटेक लिमिटेड के प्रबंध निदेशक,
बी-1, एक्सटेंशन-ए-27, मोहन को-ऑप, इंडस्ट्रियल एस्टेट,
मथुरा रोड, नई दिल्ली - 110044

डॉ. वैशाली पंजाबी

सदस्य (पदेन)

नोडल अधिकारी और वैज्ञानिक-ई, जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

डॉ एच प्रताप कुमार शेट्टी

मनोनीत सदस्य

प्रोफेसर, खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग,
पांडिचेरी विश्वविद्यालय, पुडुचेरी

डॉ. एस. आर. जोशी

मनोनीत सदस्य

प्रोफेसर, जैव प्रौद्योगिकी और जैव सूचना विज्ञान विभाग,
उत्तर-पूर्वी पहाड़ी विश्वविद्यालय (एनईएचयू), शिलांग

डॉ जी भानुप्रकाश रेड्डी

मनोनीत सदस्य

वैज्ञानिक-'जी' और प्रमुख, जैव रसायन विभाग,
आईसीएमआर-राष्ट्रीय पोषण संस्थान, हैदराबाद

डॉ श्रीदेवी अन्नपूर्णा सिंह

मनोनीत सदस्य

निदेशक,

सीएसआईआर-केंद्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी अनुसंधान
संस्थान (सीएसआईआर-सीएफटीआरआई), मैसूर

डॉ. संजय कुमार

मनोनीत सदस्य

निदेशक

सीएसआईआर-हिमालय जैवसंसाधन प्रौद्योगिकी संस्थान (सीएसआईआर-
आईएचबीटी),
पालमपुर, हिमाचल प्रदेश

डॉ. कुलदीप सिंह

मनोनीत सदस्य

पूर्व डायरेक्टर

आईसीएआर-राष्ट्रीय पादप आनुवंशिक संसाधन ब्यूरो (आईसीएआर-
एनबीपीजीआर),
नई दिल्ली

डॉ राजीव कुमार वार्ष्णेय

मनोनीत सदस्य

अनुसंधान कार्यक्रम निदेशक

अर्ध-शुष्क उष्णकटिबंधीय के लिए अंतर्राष्ट्रीय फसल अनुसंधान संस्थान
(आईसीआरआईएसएटी),
हैदराबाद

डॉ. औत्तर मट्टू

मनोनीत सदस्य (विदेशी विशेषज्ञ)

प्लांट फिजियोलॉजिस्ट

यूएसडीए सतत कृषि प्रणाली प्रयोगशाला,
एआरएस, बीएआरसी- डब्ल्यू, ब्लूसविले, मैरीलैंड

प्रो. अश्विनी पारीक

सदस्य सचिव

मुख्य कार्यकारी अधिकारी, सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड
बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

**SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE
OF
CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)**

Dr. Rajesh Jain

Chairman
Managing Director, Panacea Biotech Ltd.,
B-1, Extn.-A-27, Mohan Co-Op, Industrial Estate,
Mathura Road, New Delhi - 110044

Dr. Vaishali Panjabi

Member (Ex-officio)
Nodal Officer and Scientist-E, Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Dr. H. Prathap Kumar Shetty

Nominated Member
Professor, Department of Food Science & Technology,
Pondicherry University, Puducherry

Dr. S. R. Joshi

Nominated Member
Professor, Department of Biotechnology & Bioinformatics,
North-Eastern Hill University (NEHU), Shillong

Dr. G. Bhanuprakash Reddy

Nominated Member
Scientist-'G' and Head, Department of Biochemistry,
ICMR-National Institute of Nutrition, Hyderabad

Dr. Sridevi Annapurna Singh

Nominated Member
Director,
CSIR-Central Food Technological Research
Institute (CSIR-CFTRI), Mysuru

Dr. Sanjay Kumar

Nominated Member
Director
CSIR-Institute of Himalayan Bioresource Technology (CSIR-
IHBT),
Palampur, Himachal Pradesh

Dr. Kuldeep Singh

Nominated Member
Former Director
ICAR-National Bureau of Plant Genetic Resources
(ICAR-NBPGR),
New Delhi

Dr. Rajeev Kumar Varshney

Nominated Member
Research Program Director
International Crops Research Institute for the Semi-Arid
Tropics (ICRISAT),
Hyderabad

Dr. Autar Mattoo

Nominated Member (Overseas Expert)
Plant Physiologist
USDA Sustainable Agricultural Systems Laboratory,
ARS, BARC- W, Beltsville, Maryland

Prof. Ashwani Pareek

Member Secretary
Chief Executive Officer, Center of Innovative and Applied
Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी) की कार्यात्मकता का इतिहास

05 अप्रैल, 2021: शासी निकाय की तेरहवीं बैठक (जीबी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

01 अक्टूबर, 2021: वित्त समिति की तेरहवीं बैठक (एफसी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

11 अक्टूबर, 2021: सीआईएबी की वैज्ञानिक सलाहकार समिति (सैक) की नौवीं बैठक वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से हुई।

18 अक्टूबर, 2021: शासी निकाय की चौदहवीं बैठक (जीबी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

14 नवंबर, 2021: एनआईआई, नई दिल्ली में आयोजित सीआईएबी सोसायटी की नौवीं बैठक।

29 मार्च 2022: वित्त समिति की चौदहवीं बैठक (एफसी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

CHRONICLES OF FUNCTIONALIZATION OF CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)

April 05, 2021: Thirteenth meeting of the Governing Body (GB) held through video-conferencing.

October 01, 2021: Thirteenth meeting of the Finance Committee (FC) held through video-conferencing.

October 11, 2021: Ninth meeting of the Scientific Advisory Committee (SAC) of CIAB held through video-conferencing.

October 18, 2021: Fourteenth meeting of the Governing Body (GB) held through video-conferencing.

November 14, 2021: Ninth meeting of the CIAB Society held at NII, New Delhi.

March 29, 2022: Fourteenth meeting of the Finance Committee (FC) held through video-conferencing.



मानव संसाधन

Human
RESOURCES

स्टाफ की स्थिति (31 मार्च, 2022 तक)

वैज्ञानिक कर्मचारी

क्रमांक	नाम	पदनाम कार्यभार	ग्रहण करने की तिथि
1.	प्रो अश्विनी पारिखो	मुख्य कार्यकारी अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार)	-
2.	डॉ. सुदेश कुमार	वैज्ञानिक-जी	12-04-2016
3.	डॉ. सस्मत गोस्वामी	वैज्ञानिक-एफ	11-03-2015
4.	डॉ. एस। सरवनमुरुगम	वैज्ञानिक-एफ	14-07-2016
5.	डॉ. शशिकुमार येलुमलाई	वैज्ञानिक-ई	24-03-2014
6.	डॉ. जयिता भौमिकी	वैज्ञानिक-ई	12-08-2016
7.	डॉ. भुवन भूषण मिश्रा	वैज्ञानिक-डी	08-12-2014
8.	डॉ. सुधीर प्रताप सिंह	वैज्ञानिक-डी	24-06-2015
9.	डॉ. मीना कृष्णी चौधरी	प्रणाली विश्लेषक	01-01-2016

तकनीकी स्टाफ

क्रमांक	नाम	पदनाम कार्यभार	ग्रहण करने की तिथि
1.	श्री. बलवान सिंह	सहायक कार्यकारी अभियंता (विद्युत)	01-08-2014
2.	श्री. मनजीत सिंह	सहायक अभियंता (सिविल)	07-07-2017
2.	श्री. उमेश सिंह	तकनीकी अधिकारी	04-12-2013
4.	डॉ. निधि बुधलाकोटि	तकनीकी अधिकारी	21-01-2016
5.	डॉ. मैनपाल सिंह	वरिष्ठ तकनीकी सहायक (फार्म) (अतिरिक्त प्रभार)	-

प्रशासनिक कर्मचारी - वर्ग

क्रमांक	नाम	पदनाम कार्यभार	ग्रहण करने की तिथि
1.	श्री. हरदीप सिंह	स्टोर खरीद अधिकारी	24-01-2014
2.	श्री. अनिल धनखड़	प्रशासी अधिकारी	29-12-2021
2.	श्री. अनिल धनखड़	वित्त अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार)	-
4.	श्री. अमन सेठी	प्रबंधन सहयोगी	07-03-2014
5.	श्री. संत लाल पासी	प्रबंधन सहयोगी	04-09-2015
6.	श्री. सुखजिंदर सिंह	प्रबंधन सहयोगी	19-10-2016
7.	सुश्री. हेमा फरसवान	प्रबंधन सहयोगी (अतिरिक्त प्रभार)	-
8.	श्री. सब्बीर अली	प्रबंधन सहयोगी (अतिरिक्त प्रभार)	-

STAFF STATUS (AS ON MARCH 31, 2022)

SCIENTIFIC STAFF

Sr. No.	Name	Designation	Date of Joining
1.	Prof. Ashwani Pareek	Chief Executive Officer (Additional Charge)	-
2.	Dr. Sudesh Kumar	Scientist-G	12-04-2016
3.	Dr. Saswata Goswami	Scientist-F	11-03-2015
4.	Dr. S. Saravanamurugan	Scientist-F	14-07-2016
5.	Dr. Sasikumar Elumalai	Scientist-E	24-03-2014
6.	Dr. Jayeeta Bhaumik	Scientist-E	12-08-2016
7.	Dr. Bhuwan Bhushan Mishra	Scientist-D	07-12-2014
8.	Dr. Sudhir Pratap Singh	Scientist-D	24-06-2015
9.	Dr. Meena Krishania	Research & Innovation- System Analyst	01-01-2016

TECHNICAL STAFF

Sr. No.	Name	Designation	Date of Joining
1.	Sh. Balwan Singh	Assistant Executive Engineer (Electrical)	01-08-2014
2.	Sh. Manjeet Singh	Assistant Engineer (Civil)	07-07-2017
3.	Sh. Umesh Singh	Technical Officer	04-12-2013
4.	Dr. Nidhi Budhalakoti	Technical Officer	21-01-2016
5.	Dr. Mainpal Singh	Sr. Technical Assistant (Farm) (Additional Charge)	-

ADMINISTRATIVE STAFF

Sr. No.	Name	Designation	Date of Joining
1.	Sh. Hardip Singh	Store Purchase Officer	24-01-2014
2.	Sh. Anil Dhankhar	Administrative Officer	29-12-2021
3.	Sh. Anil Dhankhar	Finance Officer (Additional Charge)	-
4.	Sh. Aman Sethi	Management Assistant	07-03-2014
5.	Sh. Sant Lal Pasi	Management Assistant	04-09-2015
6.	Sh. Sukhjinder Singh	Management Assistant	19-10-2016
7.	Ms. Hema Pharswan	Management Assistant (Additional Charge)	-
8.	Sh. Sabir Ali	Management Assistant (Additional Charge)	-



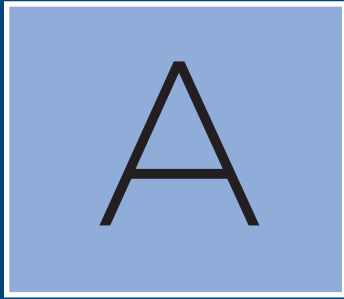
अनुसंधान प्रगति

RESEARCH

PROGRESS

खाद्य उत्पादों के लिए प्राथमिक प्रसंस्करण अवशेषों/अपशिष्टों का मूल्यवर्धन

यह क्षेत्र ऐसी परियोजनाओं और गतिविधियों को शामिल करता है जो पोषण संबंधी लाभों, न्यूट्रास्युटिकल क्षमता, मौजूदा खाद्य योजकों, नए उत्पादों और सिट्रोनेला आवश्यक तेल, लहसुन का तेल, करक्यूमिन, आदि के लिए घ्राण मूल्यवर्धन के बेहतर विकल्प के मूल्य वर्धित उत्पादों को प्राप्त करने के लिए प्रक्रियाओं को विकसित करने और/या लाभप्रद रूप से संशोधित करने या मौजूदा प्रक्रियाओं को भर्ती करने पर केंद्रित हैं। मकई के भोजन से प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट, किन्नू उपोत्पाद और चावल के अवशेषों से जाइलिटोल ऐसे उत्पादों के कुछ प्रतिनिधि उदाहरण हैं।



AREAS RESEARCH

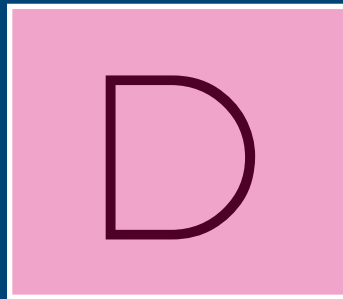
विशेष उत्पादों और रसायनों के लिए फसल अपशिष्ट का मूल्य निर्धारण

इस क्षेत्र का उद्देश्य फसल की कटाई के बाद छोड़े गए अप्रयुक्त या कम उपयोग किए गए बायोमास और अनाज या कृषि-वस्तुओं की कटाई के लिए खेत स्तर के संचालन का मूल्य बनाना है। इस प्रकार, इसका उद्देश्य प्रौद्योगिकी अनुप्रयोग-आधारित उत्पादों की एक द्वितीयक धारा उत्पन्न करने के लिए जैविक और/या रासायनिक रूप से उनके प्रसंस्करण के लाभदायक दायरे का आकलन और एहसास करना है। नैनोसेल्यूलोज, फरफ्यूरिल अल्कोहल, लिग्निन, फेनोलिक्स, लिग्निन आधारित नैनोमैटेरियल्स और प्लेटफॉर्म रसायन ऐसे उत्पादों के कुछ उदाहरण हैं। बायोमास में इस तरह के मूल्य सृजन प्रयास के परिणाम माध्यमिक कृषि आय फिटिंग, 'माध्यमिक कृषि' या 'द्वितीयक कृषि उत्पादों' के विषय को उत्प्रेरित करने के लिए संकेत हैं। (एसएपी)।



जैव उत्पाद मूल्य या उपयोग उन्नयन के लिए पोषण, पोषक तत्व और प्रसंस्करण

इस क्षेत्र में अनुसंधान परियोजनाओं और गतिविधियों को शामिल किया गया है जिसमें जिसमें पोषण/पोषक-औषधीय महत्व के उत्पादों का निर्माण शामिल है। इसमें ज्ञात स्वाद और कार्यात्मक महत्व के पारंपरिक खाद्य पदार्थों, नए फॉर्मूलेशन और एडिटिव्स, सुरक्षित और ज्ञात / आशाजनक महत्व के फाइटीकेमिकल्स, मूल्य उन्नयन के लिए रासायनिक और / या जैविक परिवर्तन, उच्च व्यावसायिक स्थिति के आधार पर उत्पादों की नई लाइन शामिल है। पेक्टिन की वसूली, फाइबर, ओलिगोसेकेराइड, पॉलीफेनोल्स, साइट्रस फलों से प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट मूल्य वर्धित उत्पाद आदि।

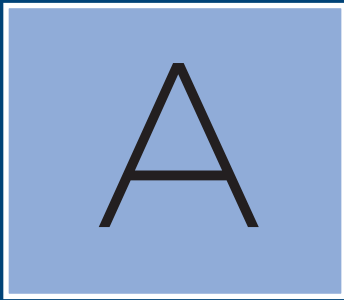


कम मात्रा-उच्च मूल्य वाले उत्पादों के लिए बायोसिंथेटिक प्रौद्योगिकी/सिंथेटिक जीवविज्ञान और औद्योगिक एंजाइम

यह क्षेत्र उपलब्ध प्रजातियों के बीच उनकी प्राकृतिक उपलब्धता की बाधाओं को तोड़ने के लिए उत्प्रेरक विशिष्टता और/या प्रसंस्करण उपयोग परिप्रेक्ष्य में प्रदर्शन के विशिष्ट लाभों के लिए एंजाइमों को डिजाइन और उत्पादन करने के विशिष्ट उद्देश्यों को पूरा करता है। मजबूत अनुप्रयोग संभावनाओं के कुछ चुनिंदा देशी एंजाइमों का उत्पादन उनके किण्वक उत्पादन और/या उत्प्रेरक प्रतिक्रिया उत्पाद के संबंध में भी लिया जाएगा। साथ ही, यह उच्च मूल्य वाले न्यूट्रास्युटिकल अणुओं, दुर्लभ शर्करा, कार्यात्मक अणुओं, भोजन और स्वाद योजक, रंग आदि के क्सेनोगेनिक उत्पादन के लिए जैवसंश्लेषण प्रौद्योगिकी / सिंथेटिक जीव विज्ञान की भर्ती के लिए अनुसंधान कार्यक्रमों को आगे बढ़ाने का इरादा रखता है।

VALUE ADDITION TO PRIMARY PROCESSING RESIDUES/WASTES FOR EDIBLE PRODUCTS

This area entails projects and activities focused at developing and/or gainfully modifying processes or recruiting existing processes for up-scaling to obtain value added products of nutritional benefits, nutraceutical potential, better substitutes to existing food additives, new products and olfactory value addition to citronella essential oil, garlic oil, curcumins, etc. Protein hydrolysate from corn meal, kinnow byproducts and xylitol from rice residues are some of the representative examples of such products.



AREAS OF RESEARCH

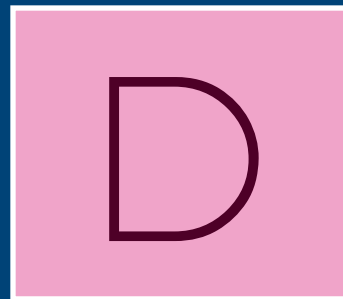
VALORIZATION OF CROP WASTES FOR SPECIALTY PRODUCTS AND CHEMICALS

This area aims to create value for the un-utilized or under-utilized biomass left after crop harvest or arising out of farm level operations for harvest of grains or agri-commodities. Thus, it aims to assess and realize the profitable scope of their processing biologically and/or chemically to generate a secondary stream of technology application-based products. Nanocellulose, furfuryl alcohol, lignin, phenolics, lignin based nanomaterials and platform chemicals are some examples of such products. Results of such a value creation effort in the biomass are cue to catalyze the secondary farm income fitting, the subject of 'secondary agriculture' or 'secondary agriculture products' (SAP).



NUTRITIONALS, NUTRACEUTICALS, AND PROCESSING FOR BIOPRODUCT VALUE OR USE UPGRADATIONS

The area covers research projects and activities involving processes and products including formulation of products of nutritional/nutraceutical significance. It covers new line of products based on traditional foods of known taste and functional significance, new formulations and additives, phytochemiclas of safe and known/promising significance, chemical and/or biological transformation for value upgradation, higher business positioning. Recovery of pectins, fibers, oligosaccharides, polyphenols, protein hydrolysate value added products from citrus fruits, etc.



BIOSYNTHETIC TECHNOLOGY/SYNTHETIC BIOLOGY FOR LOW VOLUME-HIGH VALUE PRODUCTS AND INDUSTRIAL ENZYMES

This area entails specific objectives of designing and producing enzymes for specific advantages of catalytic specificity and/or performance in processing use perspective to break the barriers of their natural availability amongst available species. Production of a select number of native enzymes of strong application prospects would also be taken with respect to their fermentative production and/or production of the catalytic reaction product. As well, it is intends to pursue research programs recruiting biosynthetic technology/synthetic biology for xenogeneic production of high value nutraceutical molecules, rare sugars, functional molecules, food and flavor additives, colors etc.

बायोटेक्नोलॉजी और सिंथेटिक बायोलॉजी



डॉ. सुदेश कुमार यादव
वैज्ञानिक-जी

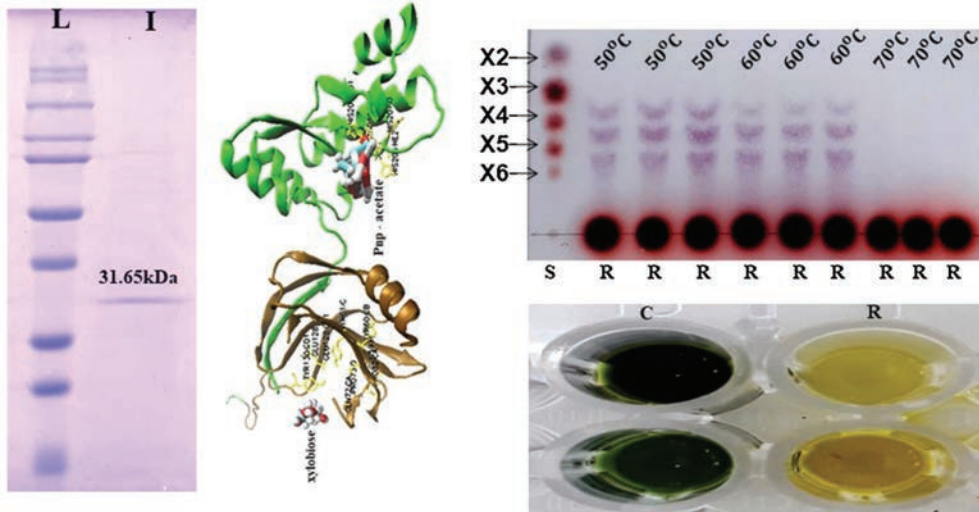
अनुसंधान साथियों
सुशील कुमार राय; अंजलि पुरोहित; दीपक मेहता;
वरुण कुमार; ऐश्वर्या सिंह; सिमरन भाटिया; नेहा शर्मा; संदीप कौर;
पायल गुलरिया; पूजा; कृषिका; अरुशदीप सिडाना

विशेषज्ञता

मूल्य वर्धित उत्पादों के लिए पौधों और रोगाणुओं की मेटाबोलिक इंजीनियरिंग। एंजाइम/सूक्ष्मजीवों पर आधारित जैव प्रक्रियाओं के लिए सिंथेटिक जीव विज्ञान और नैनोबायोलॉजी दृष्टिकोण और मूल्य वर्धित उत्पादों में बायोमास का परिवर्तन

जयलान के पूर्ण क्षरण के लिए मुख्य श्रृंखला में ग्लाइकोसिडिक बॉन्ड को तोड़ने के लिए एक से अधिक एंजाइम की आवश्यकता होती है और साइड ग्रुप (4-ओ-मिथाइल-डी-ग्लुकुरोनिक एसिड, α-L-अरबिनोफ्यूरानोज अवशेष और एसिटाइल समूह) का समर्थन करने वाले अन्य लिंकेज। ये पक्ष समूह जयलानेज एंजाइम में बाधा उत्पन्न करते हैं, जबकि जाइलन की मुख्य श्रृंखला में जाइलोज अवशेषों के बीच मौजूद ग्लाइकोसिडिक संबंध पर कार्य करते हैं। जाइलोज अवशेषों के बीच के संबंधों के विघटन के परिणामस्वरूप जाइलोलिगोसेकेराइड्स

(एक्सओएस) का निर्माण होता है। एक्सओएस में प्रीबायोटिक क्षमता है और मुख्य रूप से बिफीडोबैक्टीरियम स्पीशीज और लैक्टोबैसिलस स्पीशीज से युक्त आंत माइक्रोबायोटा के विकास को उत्तेजित करके मानव स्वास्थ्य को लाभ पहुंचा सकते हैं। आंशिक रूप से एसिटिलेटेड और डीएसिटाइलेटेड एक्सओएस को टी-माइटोजेन सक्रियता को बढ़ाने और चूहों में थाइमोसाइट्स के प्रसार को बढ़ाने के लिए सूचित किया जाता है, जो उनकी प्रतिरक्षा-उत्तेजक भूमिका का सुझाव देते हैं।



चित्र 1: जयलानेज और डीएसिटाइलेज सक्रियता के लिए एक कार्यात्मक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम का विकास और शुद्धिकरण

BIOTECHNOLOGY & SYNTHETIC BIOLOGY



Dr. Sudesh K Yadav
Scientist-G

Research Fellows

Shushil Kumar Rai; Anjali Purohit;
Deepak Mehta; Varun Kumar;
Aishwarya Singh; Simran Bhatia;
Neha Sharma; Sundeep Kaur;
Payal Guleria; Pooja;
Krishika; Arushdeep Sidana

Expertise

Metabolic engineering of plants and microbes for value added products. Synthetic biology and nanobiology approaches for enzyme/ microbes-based bioprocesses and the transformation of biomass into value added products.

Complete degradation of xylan requires more than one enzyme to break the glycosidic bonds in the main backbone chain and other linkages supporting the side groups (4-O-methyl-d-glucuronic acid, α -L-arabinofuranose residues and acetyl groups). These side groups create hindrance to the xylanase enzyme, while acting on the glycosidic bond present between the xylose residues in the main back-bone chain of xylan. The dissolution of the bonds between the xylose residues is resulted in the formation of xy-

looligosaccharides (XOS). XOS are of great prebiotic potential and can benefit human health by stimulating the growth of the gut microbiota mainly comprised of Bifidobacterium spp. and Lactobacillus spp. The partially acetylated and deacetylated XOS are reported to increase T-mitogen activity and instigate proliferation of thymocytes in rats, suggesting their immune-stimulatory role.

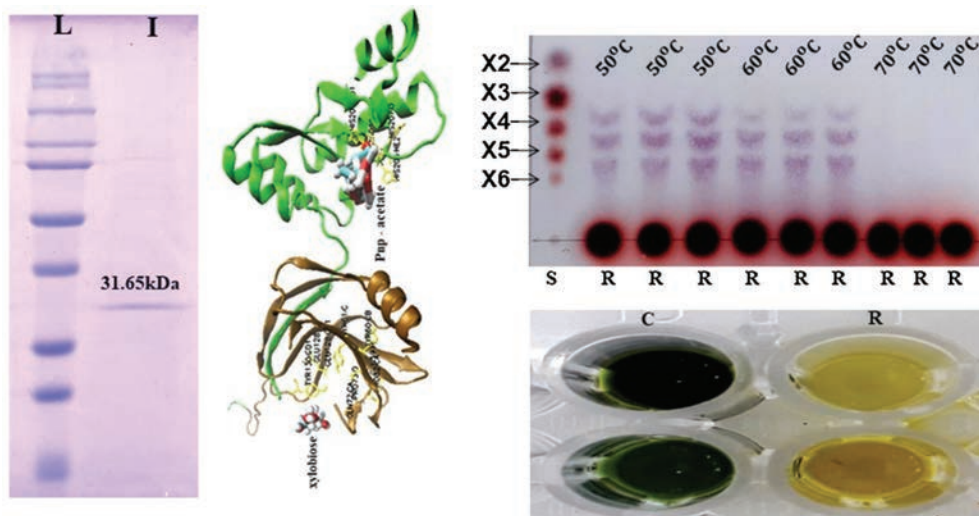
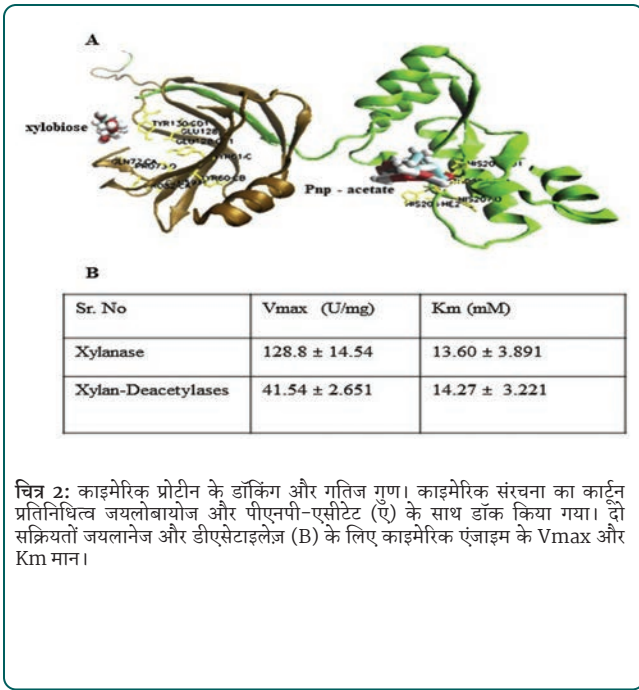


Figure 1. Development and purification of a chimeric bi-functional enzyme for xylanase and deacetylase activity.



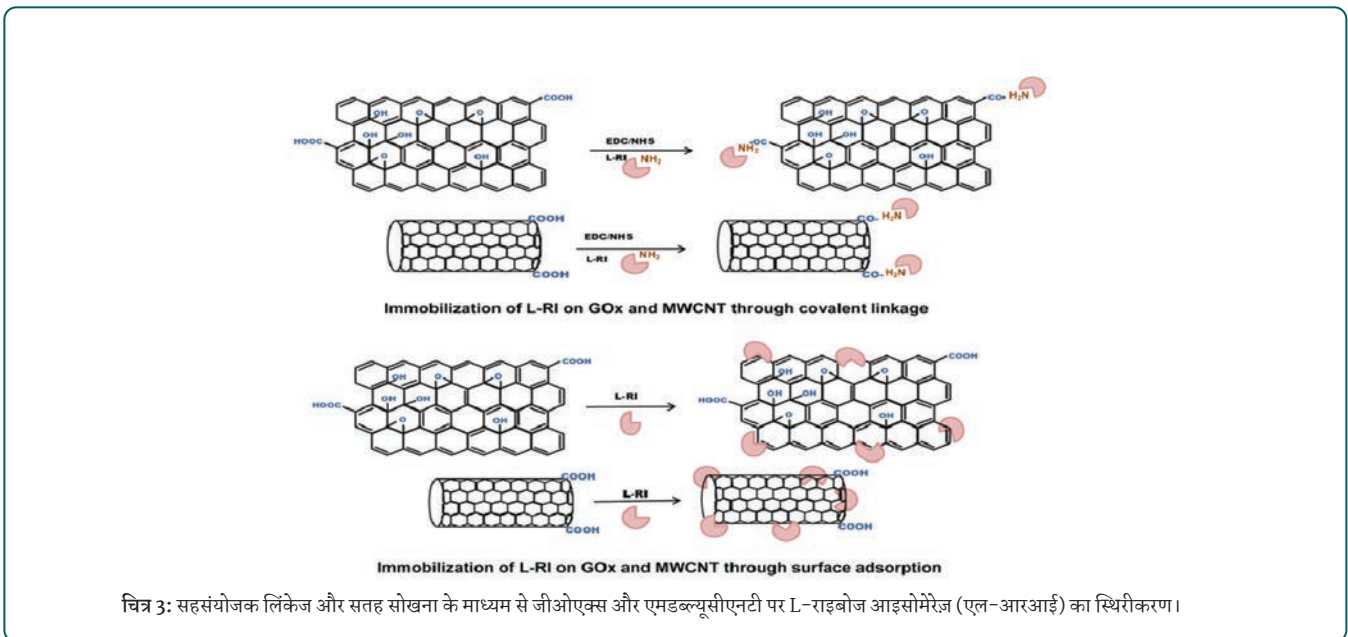
चित्र 2: काइमेरिक प्रोटीन के डॉकिंग और गतिज गुण। काइमेरिक संरचना का कार्टून प्रतिनिधित्व जयलोबायोज और पीएनपी-एसीटेट (ए) के साथ डॉक किया गया। दो सक्रियताएं जयलानेज और डीएसेटाइलेज (B) के लिए काइमेरिक एंजाइम के Vmax और Km मान।

एसिटिलेटेड जयलान में समृद्ध कृषि-बायोमास के हाइड्रोलिसिस के लिए काइमेरिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम जयलानेज और डेसीटाइलस सक्रियता इसे ध्यान में रखते हुए, एक नया सिंथेटिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम विकसित किया गया जिसमें जयलानेज और डेसीटाइलेज सक्रियता शामिल है। पैनेबैसिलस स्ट्रेन से GH11 जयलानेज के लिए जीन एन्कोडिंग और एसिनेटोबैक्टर पिट्टी MASK25 से जयलान डेसीटाइलेज को उनकी उत्प्रेरक गतिविधि और उचित कार्यक्षमता के लिए महत्वपूर्ण अमीनो एसिड के खिंचाव को प्राप्त करने के लिए चुना गया और ट्रिम किया गया। पांच काल्पनिक काइमेरिक प्रोटीन अनुक्रम यादृच्छिक संलयन द्वारा उत्पन्न किए गए थे और काइमेरिक प्रोटीन अनुक्रमों के लिए सभी पीडीबी संरचनाओं के आणविक सिमुलेशन को ग्रोमेक्स सॉफ्टवेयर का उपयोग करके किया गया था। कुल पांच अनुक्रमों में से तीन को उनके आरएमएसडी, वैश्विक गुणवत्ता स्कोर, स्थानीय गुणवत्ता अनुमान और पीडीबी संरचनाओं के गैर-अनावश्यक सेट के साथ तुलना के आधार पर संश्लेषित किया गया था। अंत में, सबसे अच्छी पूर्वकथन की गई काइमेरिक संरचना में

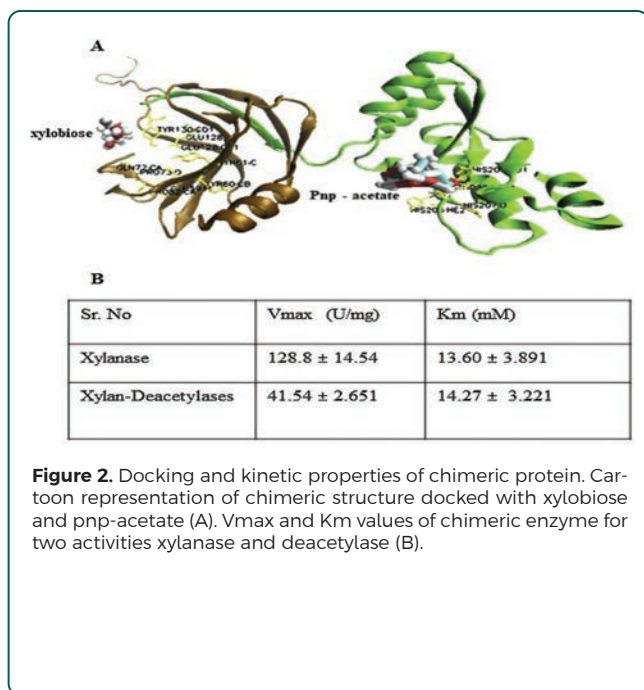
से एक का चयन किया गया था, जिसमें 60 oC पर स्थिरता के साथ जयलानेज और डीएसेटाइलेज दोनों के लिए सक्रियता थी। विकसित वाणिज्यिक जयलान, ग्लूकोज पेंटासेट और 7-एमिनो सेफलोस्पोरिन के हाइड्रोलिसिस के लिए मान्य किया गया था। GA_2(syn_SKYAP01) द्वि-कार्यात्मक एंजाइम की वाणिज्यिक जाइलन को हाइड्रोलाइज करने और जयलोलीगोसैकराइडस (एक्सओएसएस) का उत्पादन करने की क्षमता की तुलना वाणिज्यिक पुनः संयोजक एंजाइम (चित्र 1) के साथ भी की गई थी। GA_2(syn_SKYAP01) में डेसीटाइलेज के लिए 14.905 ± 0.8 U/mg और जयलानेज के लिए 100.87 ± 14.2 U/mg की विशिष्ट सक्रियता थी (चित्र 2)। दोनों सक्रियता का इष्टतम स्तर पीएच 5 और 60 oC पर प्राप्त किया गया था। काइमेरिक प्रोटीन भी 71 oC के उच्च तापमान पर स्थिर पाया गया। दोनों सक्रियता के लिए विकसित काइमेरिक प्रोटीन की कार्यक्षमता की पुष्टि वाणिज्यिक जयलान के जयलोलीगोसैकराइडस में हाइड्रोलिसिस और ग्लूकोज पेंटासेट और 7-एमिनो सेफलोस्पोरिन से एसिटिक एसिड को मुक्त किया गया था। डिजाइन किया गया द्वि-कार्यात्मक एंजाइम अत्यधिक कुशल पाया गया।

स्थिर एल-राइबोस आइसोमेरेज से एक दुर्लभ शर्करा डी-तालोज का संश्लेषण:
डी-तालोज एक दुर्लभ एल्डोहेक्सोज शर्करा है और इसका अस्तित्व प्रकृति में दुर्लभ है। डी-तालोज और इसके ग्लाइकोकोनजुगेट डेरिवेटिव कैंसर विरोधी और रोगाणुरोधी कार्यकलाप के लिए जाने जाते हैं। एल- राइबोस आइसोमेरेज (एल-आरआई) एल्डोज और उनके संबंधित केटोज के बीच परिवर्तन को उत्प्रेरित करता है जैसे डी-टैगाटोज से डी-तालोज, डी-मैननोज से डी-फ्रुक्टोज, डी-लाइक्सोज से डी-जाइलुलोज, एल-रिबुलोज से एल- राइबोज और एल-गुलोज से एल-सोर्बोज। एल-आरआई द्वारा उत्पादित अधिकांश मोनोसेकेराइड प्रकृति में कम मात्रा में होते हैं। ये मोनोसेकेराइड डी और एल-न्यूक्लियोसाइड एनालॉग हैं। इन शर्करा के एल-न्यूक्लियोसाइड्स रूप प्रभावी जैविक सक्रियता को दिखाते हैं और इसलिए, एंटीवायरल और एंटीकैंसर दवाओं को तैयार करने में इनका उपयोग किया जाता है। इन दुर्लभ शर्कराओं का उत्पादन मुख्य रूप से रासायनिक प्रकार से होता है। हाल ही में, दुर्लभ शर्करा के जैविक प्रकार के माध्यम से एंजाइमेटिक प्रक्रियाओं द्वारा उनके स्टीरियो सेलेक्टिविटी, उच्च दक्षता के अनुकूल उत्पादन की ओर ध्यान दिया जा रहा है। स्थिर एंजाइम का बायोकेटलिटिक अधिनियमन मुख्य रूप से मैट्रिक्स और एंजाइम के आवश्यक गुणों के साथ-साथ स्थिरीकरण प्रक्रिया और स्थिरीकरण स्थितियों पर निर्भर करता है।

कार्बन आधारित नैनोमेटेरियल्स (सीएनएम) जैसे ग्रेफिन ऑक्साइड (जीओएक्स) और मल्टीवॉलड कार्बन नैनोट्यूब (एमडब्ल्यूसीएनटी) सहसंयोजक संयुग्मन और सतह अधिशोषण के माध्यम से एंजाइम स्थिरीकरण के लिए अद्वितीय गुणों को संरक्षित करते हैं। एल- राइबोस आइसोमेरेज (एल-आरआई) को



चित्र 3: सहसंयोजक लिंकेज और सतह सोखना के माध्यम से जीओएक्स और एमडब्ल्यूसीएनटी पर L-राइबोज आइसोमेरेज (एल-आरआई) का स्थिरीकरण।



Chimeric bi-functional enzyme possessing xylanase and deacetylase activity for hydrolysis of agro-biomass rich in acetylated xylan

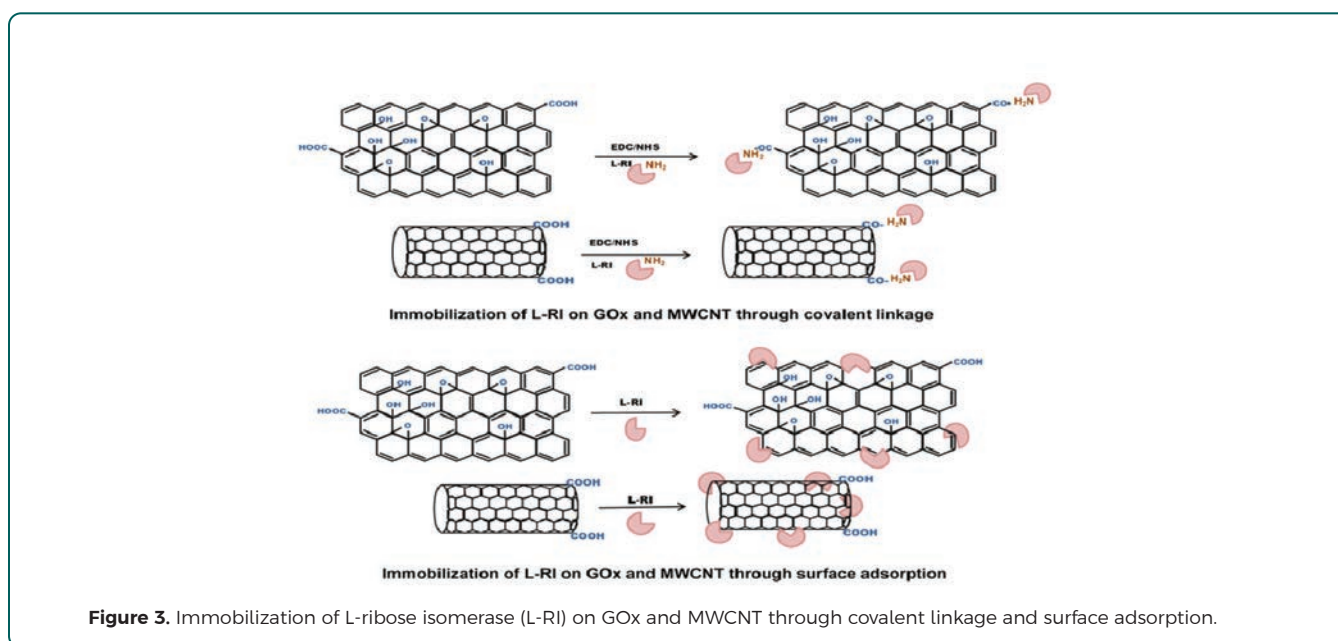
In view of this, a novel synthetic bifunctional enzyme possessing xylanase and deacetylase activity was developed. The genes encoding for GH11 xylanase from *Panebacillus* strain and xylan deacetylase from *Acinetobacter pittii* MASK25 were selected and trimmed to attain the stretch of amino acids important for their catalytic activity and proper functionality. Five hypothetical chimeric protein sequences were generated by random fusion and molecular simulation of all the PDB structures for the chimeric protein sequences was performed using GROMACS software. Out of total five sequences, three were synthesized based upon their RMSD, global quality scores, local quality estimation and comparison with non-redundant set of PDB structures. Finally, one of the best pre-

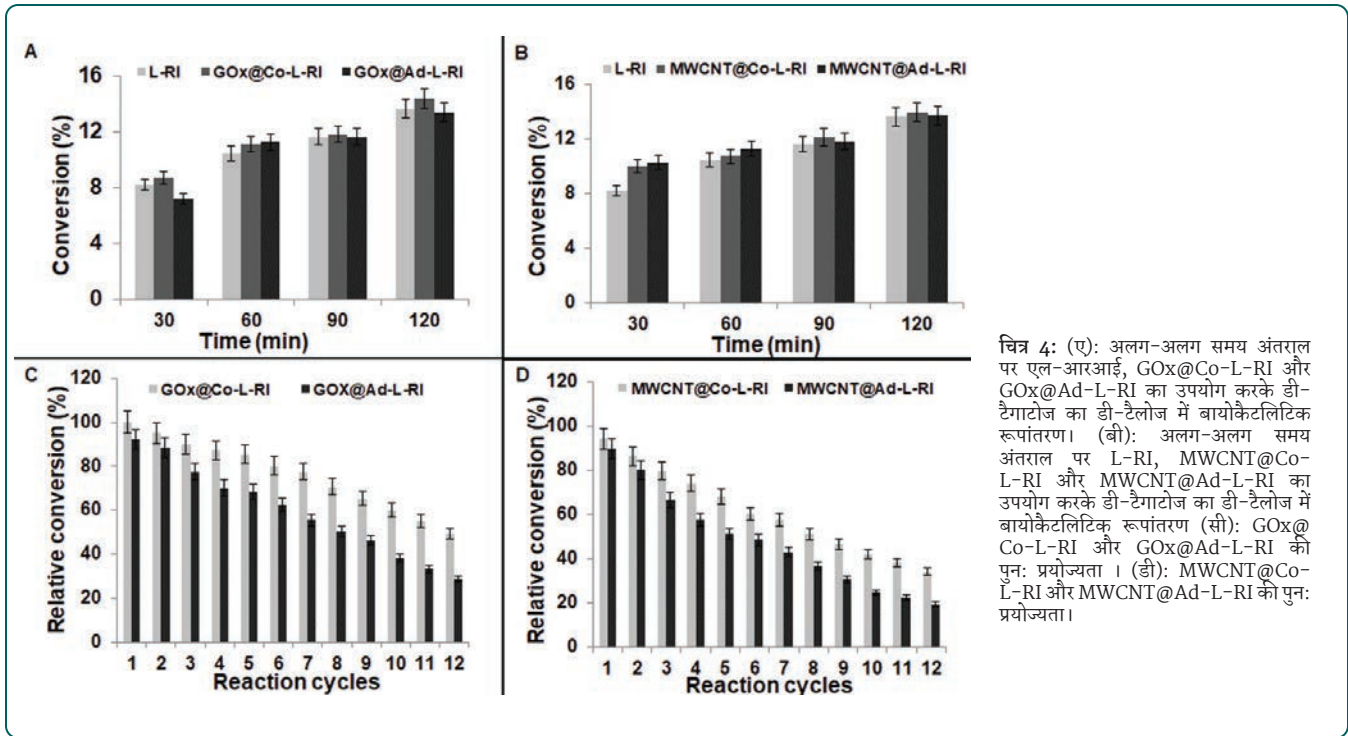
dicted chimeric structure was selected that possessed activity for both xylanase and deacetylase with the stability at 60 °C. Developed chimera was validated for hydrolysis of commercial xylan, glucose pentaacetate, and 7-amino cephalosporin. The ability of GA_2(syn_SKYAP01) bifunctional enzyme to hydrolyze commercial xylan and to produce xylooligosaccharides (XOSs) was also compared with commercial recombinant enzyme (Fig. 1). The GA_2(syn_SKYAP01) possessed the specific activity of 14.905 ± 0.8 U/mg for deacetylase and 100.87 ± 14.2 U/mg for xylanase (Fig. 2). Optimum level of both the activities together was achieved at pH 5 and 60°C. The chimeric protein was also found to be stable at higher temperature of 71°C. Functionality of the developed chimeric protein for both the activities was confirmed by the hydrolysis of commercial xylan into xylooligosaccharides and the release of acetic acid from glucose pentaacetate and 7-amino cephalosporin. The designed bifunctional enzyme was found to be highly efficient.

Immobilized L-ribose isomerase for the sustained synthesis of a rare sugar D-talose

D-Talose is a rare aldohexose sugar and rarely exists in natural resources. D-talose and its glycoconjugate derivatives are known for anticancer and antimicrobial activities. L-Ribose isomerase (L-RI) catalyzes the transformation between aldoses and their respective ketoses such as D-tagatose to D-talose, D-mannose to D-fructose, D-lyxose to D-xylulose, L-ribulose to L-ribose and L-gulose to L-sorbose. Most of the monosaccharides produced by L-RI are less abundant in nature. These monosaccharides are D and L-nucleoside analogs. L-nucleosides form of these sugars show effective biological activities and therefore, used in formulating antiviral and anticancer drugs. These rare sugars are mainly produced through chemical route. Recently, attention is being paid towards production of rare sugars through biological route by enzymatic processes due to their stereoselectivity, high efficiency and environment-friendly nature.

The biocatalytic enactment of immobilized enzyme mainly depends on the essential properties of the matrix and enzyme as well as on immobilization process and immobilization conditions. Carbon based nanomaterials (CNMs) such as graphene oxide (GOx) and multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) preserve unique properties for enzyme immobilization via covalent conjugation and physical adsorption. L-ribose isomerase (L-RI) was immobilized on GOx and MWCNT

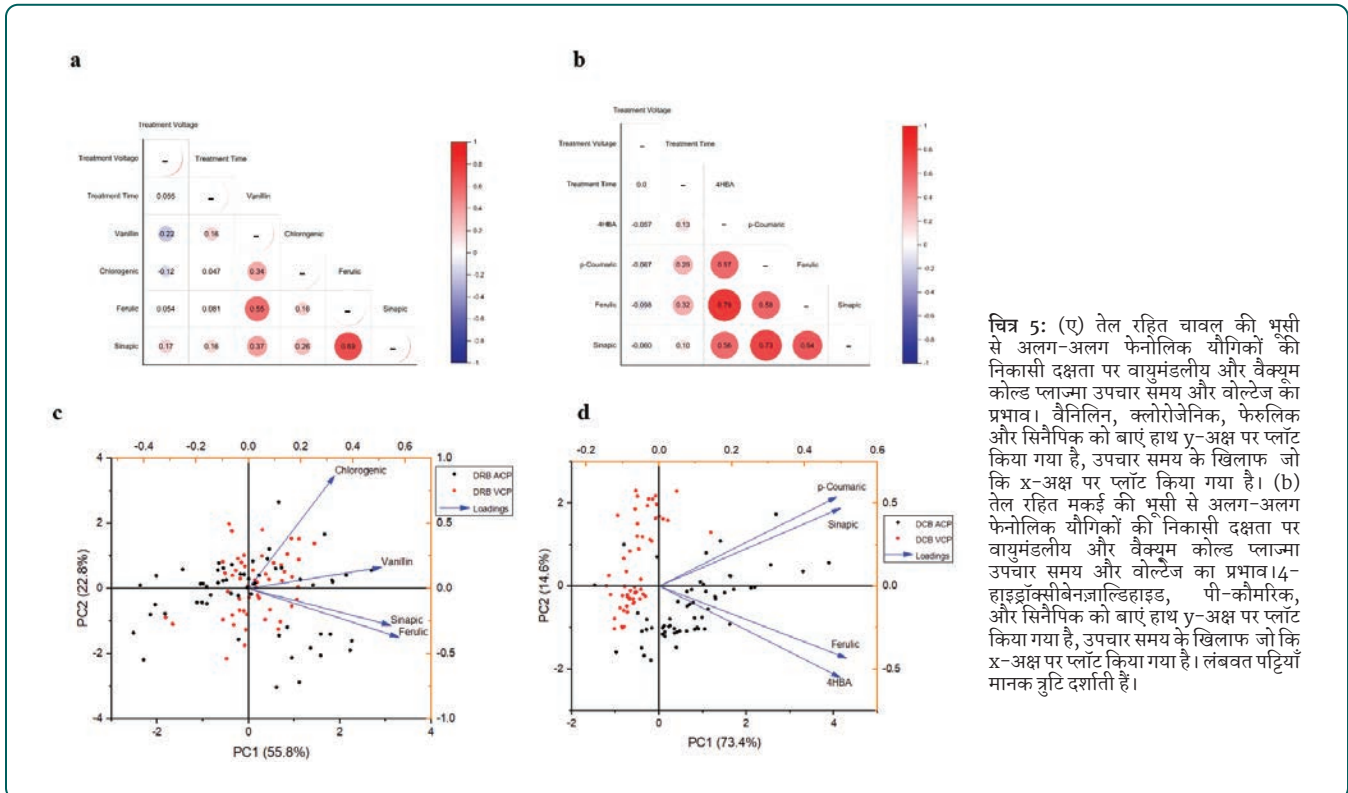




चित्र 4: (ए): अलग-अलग समय अंतराल पर एल-आरआई, GOx@Co-L-RI और GOx@Ad-L-RI का उपयोग करके डी-टैगाटोज का डी-टैलोज में बायोकेटलिटिक रूपांतरण। (बी): अलग-अलग समय अंतराल पर L-RI, MWCNT@Co-L-RI और MWCNT@Ad-L-RI का उपयोग करके डी-टैगाटोज का डी-टैलोज में बायोकेटलिटिक रूपांतरण। (सी): GOx@Co-L-RI और GOx@Ad-L-RI की पुनः प्रयोज्यता। (डी): MWCNT@Co-L-RI और MWCNT@Ad-L-RI की पुनः प्रयोज्यता।

जीओएक्स और एमडब्ल्यूसीएनटी पर सहसंयोजक लिंकेज और सतह अधिशोषण (चित्र 3) के माध्यम से स्थिर किया गया था। 0.05 मिलीग्राम जीओएक्स पर एल-आरआई (1 mg mL⁻¹) के स्थिरीकरण ने सहसंयोजक (GOx@Co-L-RI) और सतह अधिशोषण (GOx@Ad-L-RI) के माध्यम से एल-आरआई के 70-75% लोडिंग के साथ अधिकतम सापेक्ष गतिविधि दिखाई है। दूसरी ओर, 0.15 और 0.1 मिलीग्राम एमडब्ल्यूसीएनटी को एल-आरआई के स्थिरीकरण के लिए कुशल पाया गया। एंजाइम समर्थन अनुपात, स्थिरीकरण समय और तापमान जैसी विभिन्न

परिचालन स्थितियों के प्रभाव की भी जांच की गई। एंजाइम कैनेटीक्स, पुनः प्रयोज्य, जैव उत्प्रेरक रूपांतरण, धातु आयन प्रभाव, पीएच और तापमान का अध्ययन करने के लिए अनुकूलित स्थितियों का उपयोग किया गया था। अनुकूलित परिस्थितियों में, सहसंयोजक संयुग्मन और सतह अधिशोषण के माध्यम से सीएनएम पर 72-75% एल-आरआई एंजाइम लोडिंग हासिल की गई थी। नैनोसपोर्ट (जीओएक्स और एमडब्ल्यूसीएनटी) के साथ एल-आरआई का सहसंयोजक जुड़ाव अधिकतम सापेक्ष कर्मठता के लिए सबसे अच्छा देखा गया। स्थिरीकरण पर एल-आरआई की



चित्र 5: (ए) तेल रहित चावल की भूसी से अलग-अलग फेनोलिक यौगिकों की निकासी दक्षता पर वायुमंडलीय और वैक्यूम कोल्ड प्लाज्मा उपचार समय और वोल्टेज का प्रभाव। Vanillin, Chlorogenic, Ferulic और Sinapic को बाएं हाथ y-अक्ष पर प्लॉट किया गया है, उपचार समय के खिलाफ जो कि x-अक्ष पर प्लॉट किया गया है। (बी) तेल रहित मुकई की भूसी से अलग-अलग फेनोलिक यौगिकों की निकासी दक्षता पर वायुमंडलीय और वैक्यूम कोल्ड प्लाज्मा उपचार समय और वोल्टेज का प्रभाव। 4-HBA, p-Coumaric, Sinapic, Ferulic और Sinapic को बाएं हाथ y-अक्ष पर प्लॉट किया गया है, उपचार समय के खिलाफ जो कि x-अक्ष पर प्लॉट किया गया है। लंबवत पट्टियाँ मानक त्रुटि दर्शाती हैं।

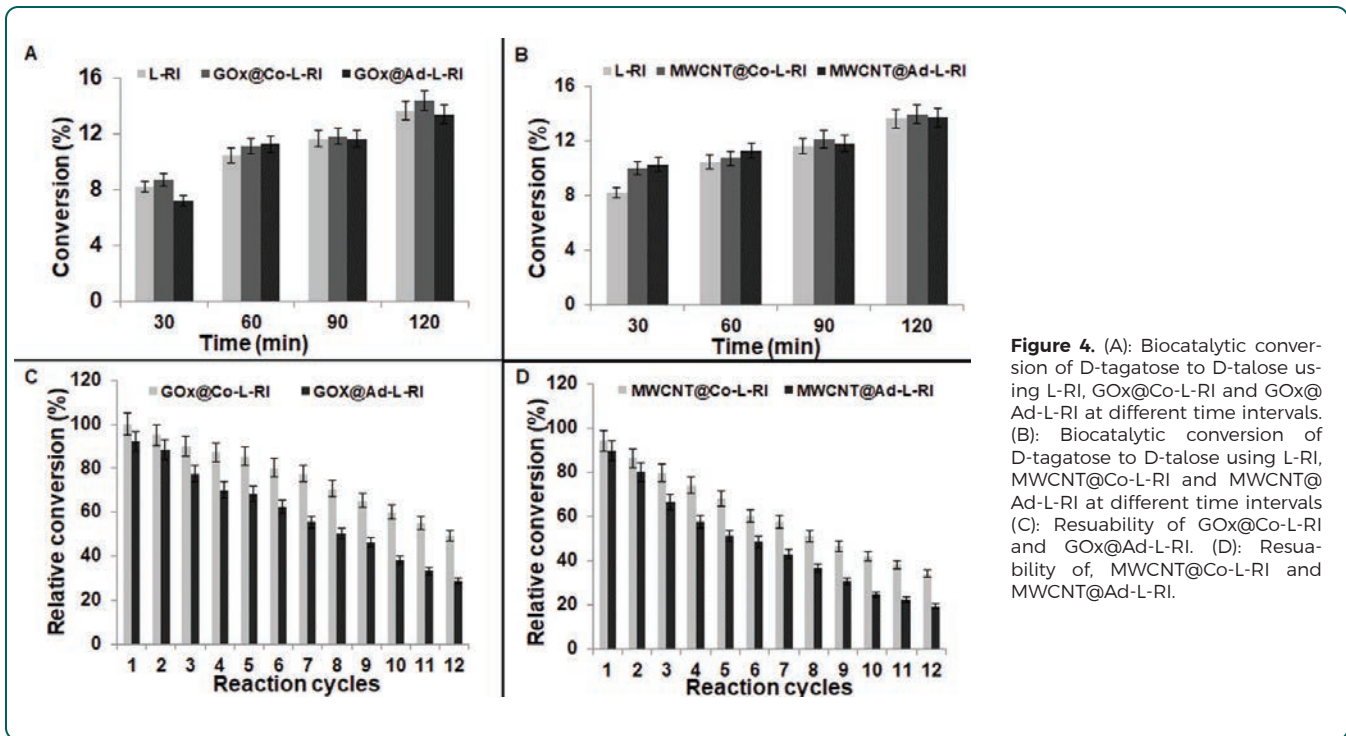


Figure 4. (A): Biocatalytic conversion of D-tagatose to D-talose using L-Ri, GOx@Co-L-Ri and GOx@Ad-L-Ri at different time intervals. (B): Biocatalytic conversion of D-tagatose to D-talose using L-Ri, MWCNT@Co-L-Ri and MWCNT@Ad-L-Ri at different time intervals (C): Resuability of GOx@Co-L-Ri and GOx@Ad-L-Ri. (D): Resuability of, MWCNT@Co-L-Ri and MWCNT@Ad-L-Ri.

through covalent linkage and surface adsorption (Fig. 3). The hybrid composition of biocatalyst was characterized. Immobilization of L-Ri (1 mg mL⁻¹) on 0.05 mg GOx showed maximum relative activity with 70-75% loading of L-Ri via the covalent (GOx@Co-L-Ri) and adsorption (GOx@Ad-L-Ri) method. On the other hand, 0.15 and 0.1 mg of MWCNT was found to be efficient for the immobilization of L-Ri. Effect of different operational conditions like enzyme support ratio,

immobilization time, and temperature was also investigated. Optimized conditions were used to study enzyme kinetics, reusability, biocatalytic conversion, metal ion effect, pH and temperature. Under optimized conditions, 72-75% of L-Ri enzyme loading was achieved on CNMs via covalent conjugation and physical adsorption. Covalent linkage of L-Ri with nanosupport (GOx and MWCNT) was observed to be the best for maximum relative activity. The catalytic efficiency (kcat) of

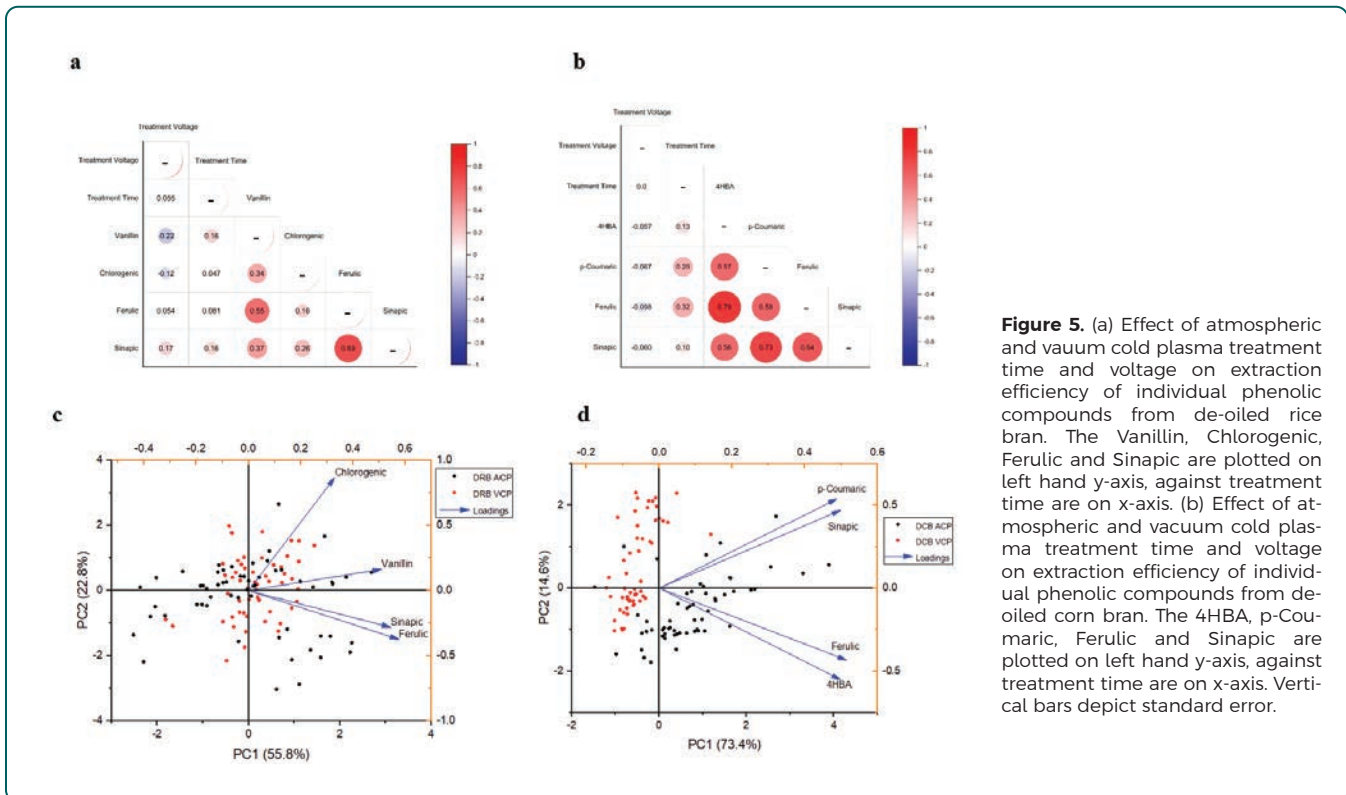


Figure 5. (a) Effect of atmospheric and vacuum cold plasma treatment time and voltage on extraction efficiency of individual phenolic compounds from de-oiled rice bran. The Vanillin, Chlorogenic, Ferulic and Sinapic are plotted on left hand y-axis, against treatment time are on x-axis. (b) Effect of atmospheric and vacuum cold plasma treatment time and voltage on extraction efficiency of individual phenolic compounds from de-oiled corn bran. The 4HBA, p-Coumaric, Ferulic and Sinapic are plotted on left hand y-axis, against treatment time are on x-axis. Vertical bars depict standard error.

तालिका 1: (ए) चावल की भूसी के पॉलीफेनोल्स की इन-विट्रो पाचनशक्ति / जैव-पहुंच

A

	Control		ACP		VCP	
	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion
TPC (mg GAE/g)	1697.07 ± 41.11 ^c	536.924 ± 19.04 ^c	1776.21 ± 48.85 ^b	580.154 ± 16.32 ^b	1816.88 ± 49.66 ^a	609.615 ± 16.32 ^a
Digestibility %	31.63		32.66		33.52	
TFC (mg Rutin/g)	17.04 ± 2.80 ^c	1.02 ± 0.02 ^b	24.45 ± 7.38 ^a	1.60 ± 0.11 ^a	22.00 ± 4.42 ^b	1.51 ± 0.01 ^a
Digestibility %	5.98		6.54		6.86	
TFOC (mg Rutin/g)	17.01 ± 1.01 ^b	1.34 ± 0.14 ^b	21.65 ± 3.83 ^a	1.71 ± 0.03 ^a	20.48 ± 5.24 ^a	1.75 ± 0.03 ^a
Digestibility %	7.88		7.89		8.5	
AC (%)	64.96 ± 2.20 ^c	33 ± 18.34 ^c	72.65 ± 1.75 ^b	46.04 ± 7.57 ^b	75.65 ± 3.54 ^a	60.87 ± 4.83 ^a
Digestibility %	50.8		63.37		80.46	

B

	Control		ACP		VCP	
	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion
TPC (mg GAE/g)	1282.69 ± 488.46 ^c	371.98 ± 138.14 ^c	1769.85 ± 31.13 ^a	530.96 ± 122.62 ^a	1650.64 ± 158.69 ^b	429.17 ± 114.49 ^b
Digestibility %	29		30		26	
TFC (mg Rutin/g)	10.98 ± 2.42 ^b	1.72 ± 0.91 ^b	12.32 ± 3.52 ^a	2.08 ± 1.15 ^a	10.04 ± 2.79 ^b	1.31 ± 0.88 ^b
Digestibility %	15.7		16.9		13	
TFOC (mg Rutin/g)	13.99 ± 1.63 ^b	1.54 ± 0.38 ^a	14.71 ± 1.23 ^a	1.54 ± 0.20 ^a	13.09 ± 1.07 ^b	1.37 ± 0.23 ^b
Digestibility %	11		10.5		10.5	
AC (%)	26.21 ± 5.74 ^b	10.22 ± 0.42 ^c	31.57 ± 5.09 ^a	16.35 ± 1.46 ^a	32.76 ± 4.49 ^a	13.59 ± 1.83 ^b
Digestibility %	39.01		51.78		41.49	

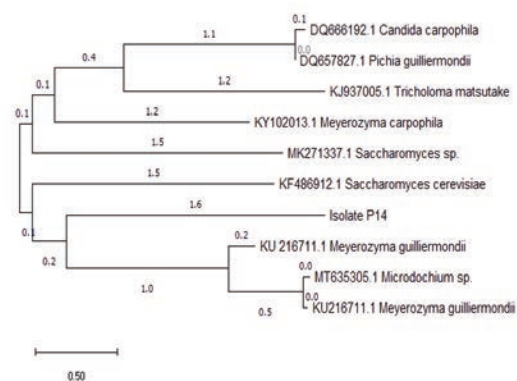
Values are means ± standard deviations (SD) of triplicate repeated sets. Different superscripted letters in the same column are significantly different (p<0.05).

उत्प्रेरक दक्षता (kcat) दो गुना से अधिक बढ़ गई थी। स्थिर जैव उत्प्रेरक द्वारा डी-टैगटोज का डी-तालोज में जैवसंक्रमण 12-14% था। स्थिर एल-आरआई को 8 बार कुशलता से पुनर्नवीनीकरण किया गया था। पुनः उपयोग के 8 चक्रों के बाद, जीओएक्स और एमडब्ल्यूसीएनटी पर स्थिर एल-आरआई की कर्मठता पुनर्प्राप्ति क्रमशः 55% और 41% थी (चित्र 4)।

तेल रहित चावल और मकई की भूसीसे पॉलीफेनोल के निष्कर्षण पर कोल्डप्लाज्मा के प्रभाव का आकलन:

अनाज के उप-उत्पादों को पॉलीफेनोल्स और आहार फाइबर जैसे बायोएक्टिव यौगिकों का अच्छा स्रोत माना जाता है। फेनोलिक यौगिक वर्ग से संबंधित फेरुलिक और सिनैपिक एसिड अनाज और अनाज के उप-उत्पादों में प्रमुखता से पाए जाते हैं, जबकि फलों और सब्जियों में यह अनुपस्थित होते हैं। इसलिए, व्यापक स्वास्थ्य लाभ के लिए अनाज के साथ फलों और सब्जियों पॉलीफेनोल्स द्वारा पूरक एक संतुलित आहार विचारोत्तेजक है। पिछले कुछ वर्षों में, मूल्यवर्धन के लिए नॉन-थर्मल प्लाज्मा को ब्राउन राइस, पर्पल राइस, राइस स्टार्च, कॉर्न ग्रेन और कॉर्न स्टार्च पर सफलतापूर्वक लागू किया गया है। उदाहरण के लिए, कोल्डप्लाज्मा उपचार के बाद ब्राउन राइस के पकाने के समय में कमी का प्रदर्शन किया गया है। इसके अलावा, ब्राउन राइस बनावट में परिवर्तन, खाना पकाने के समय में कमी, कोल्डप्लाज्मा उपचार के बाद जल धारण क्षमता में सुधार मिला है। आगे भी कोल्ड प्लाज्मा उपचार के बाद भूरे चावल की बनावट में बदलाव और उनके जल धारण क्षमता में सुधार, बैंगनी चावल के अर्क की एंटी-एजिंग संपत्ति में सुधार का प्रदर्शन भी किया गया है। इसे देखते हुए, वर्तमान अध्ययन नॉन-थर्मल प्लाज्मा के दो अलग-अलग सेट-अप यानी वायुमंडलीय कोल्ड प्लाज्मा और वैक्यूम कोल्ड प्लाज्मा तथा पारंपरिक विधि के उपयोग के साथ दो औद्योगिक अपशिष्ट, तेल रहित चावल और मकई की भूसी से पॉलीफेनोल्स की निकासी दक्षता में सुधार करने पर केंद्रित था। इस संबंध में, विभिन्न पावर मोड (220V, 240V, 260V) और उपचार समय (5-30 मिनट) पर कोल्ड प्लाज्मा को अनुकूलित किया गया था (चित्र 5)। इसके अलावा, चावल और

मकई की भूसी से निकाले गए पॉलीफेनोल्स पर नॉन-थर्मल प्लाज्मा के प्रभाव का मूल्यांकन इन-विट्रो और सेल लाइन अध्ययनों के माध्यम से उनकी प्रभावकारिता पर किया गया था। चावल और मकई की भूसी से निकाले गए फेनोलिक यौगिकों का विश्लेषण उनकी बायो-एक्टिविटी, इन-विट्रो पाचनशक्ति, साइटोटोक्सिसिटी और एंटी इनफ्लेमेटरी गतिविधियों के लिए किया गया था। इस अध्ययन में उल्लेखनीय रूप से देखा गया (p<0.05) कि पारंपरिक निष्कर्षण की तुलना में कोल्ड प्लाज्मा प्रोसेसिंग से निकाले गए प्रत्येक पॉलीफेनोल्स की सामग्री दोनों राइस ब्रान (वैनिलिन, फेरुलिक एसिड, सिनापिक एसिड और क्लोरोजेनिक एसिड) और कॉर्न ब्रान



चित्र 6: पृथक पी 14 का फाइलोजेनेटिक ट्री

Table 1. (a) In-vitro digestibility/bio-accessibility of rice bran polyphenols and (b) In-vitro digestibility/bio-accessibility of corn bran polyphenols.

A

	Control		ACP		VCP	
	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion
TPC (mg GAE/g)	1697.07 ± 41.11 ^c	536.924 ± 19.04 ^c	1776.21 ± 48.85 ^b	580.154 ± 16.32 ^b	1816.88 ± 49.66 ^a	609.615 ± 16.32 ^a
Digestibility %	31.63		32.66		33.52	
TFC (mg Rutin/g)	17.04 ± 2.80 ^c	1.02 ± 0.02 ^b	24.45 ± 7.38 ^a	1.60 ± 0.11 ^a	22.00 ± 4.42 ^b	1.51 ± 0.01 ^a
Digestibility %	5.98		6.54		6.86	
TFOC (mg Rutin/g)	17.01 ± 1.01 ^b	1.34 ± 0.14 ^b	21.65 ± 3.83 ^a	1.71 ± 0.03 ^a	20.48 ± 5.24 ^a	1.75 ± 0.03 ^a
Digestibility %	7.88		7.89		8.5	
AC (%)	64.96 ± 2.20 ^c	33 ± 18.34 ^c	72.65 ± 1.75 ^b	46.04 ± 7.57 ^b	75.65 ± 3.54 ^a	60.87 ± 4.83 ^a
Digestibility %	50.8		63.37		80.46	

B

	Control		ACP		VCP	
	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion	Before Digestion	After Digestion
TPC (mg GAE/g)	1282.69 ± 488.46 ^c	371.98 ± 138.14 ^c	1769.85 ± 31.13 ^a	530.96 ± 122.62 ^a	1650.64 ± 158.69 ^b	429.17 ± 114.49 ^b
Digestibility %	29		30		26	
TFC (mg Rutin/g)	10.98 ± 2.42 ^b	1.72 ± 0.91 ^b	12.32 ± 3.52 ^a	2.08 ± 1.15 ^a	10.04 ± 2.79 ^b	1.31 ± 0.88 ^b
Digestibility %	15.7		16.9		13	
TFOC (mg Rutin/g)	13.99 ± 1.63 ^b	1.54 ± 0.38 ^a	14.71 ± 1.23 ^a	1.54 ± 0.20 ^a	13.09 ± 1.07 ^b	1.37 ± 0.23 ^b
Digestibility %	11		10.5		10.5	
AC (%)	26.21 ± 5.74 ^b	10.22 ± 0.42 ^c	31.57 ± 5.09 ^a	16.35 ± 1.46 ^a	32.76 ± 4.49 ^a	13.59 ± 1.83 ^b
Digestibility %	39.01		51.78		41.49	

Values are means ± standard deviations (SD) of triplicate repeated sets. Different superscripted letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

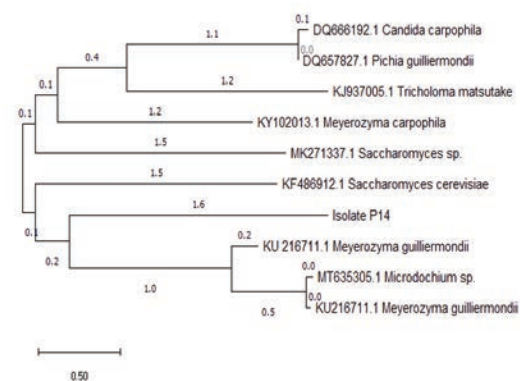
L-RI was increased by more than two-fold upon immobilization. The bioconversion of D-tagatose to D-talose by immobilized biocatalyst was 12–14%. The immobilized L-RI was found to be efficiently recycled for 8 times. After 8 cycles of reuse, activity recovery of L-RI immobilized on GOx and MWCNT was 55% and 41%, respectively (Fig. 4).

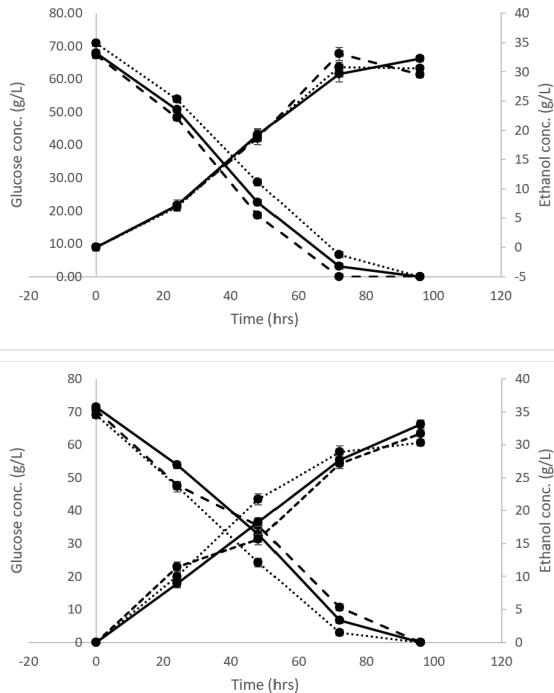
Assessment of the impact of cold plasma on extraction of polyphenol from de-oiled rice and corn bran

By-products of cereals are considered as good source of bioactive compounds such as polyphenols and dietary fiber. Ferulic and sinapic acid belonging to class of phenolic compounds are prominently found in cereal and cereal by-products, whilst absent from fruits and vegetables. Therefore, for comprehensive health benefits a balanced diet supplemented by fruits and vegetables polyphenols along with cereals is suggestive. In past few years, non-thermal plasma has been successfully applied to brown rice, purple rice, rice starch, corn grain and corn starch for value addition. For instance, the surface etching, and reduced cooking time of brown rice after cold plasma treatment has been demonstrated. In addition to this, changes in brown rice texture, decreased cooking time, improved water holding capacity has been reported after cold plasma treatment. Furthermore, improvement in the anti-aging property of purple rice extract has been demonstrated after cold plasma treatment.

In view of this, present study was focused on utilizing two different set-ups of non-thermal plasma i.e., atmospheric cold plasma and vacuum cold plasma along with conventional method to improve the extraction efficiency of polyphenols from two different industrial wastes, de-oiled rice bran and corn bran. In this regard, cold plasma at various power modes (220V, 240V, 260V) and treatment times (5–30 min) was opti-

mized (Fig. 5). Furthermore, the impact of non-thermal plasma on the extracted polyphenols from rice and corn bran was evaluated on their efficacy through in-vitro and cell line studies. The extracted phenolic compounds from rice and corn bran were analyzed for their bioactivity, in-vitro digestibility, cytotoxicity and anti-inflammatory activities. In this study, cold plasma processing was observed to significantly ($p < 0.05$) enhanced the content of individual polyphenols extracted from rice bran (vanillin, ferulic acid, sinapic acid and chloro-

**Figure 6.** Phylogenetic tree of isolate P14



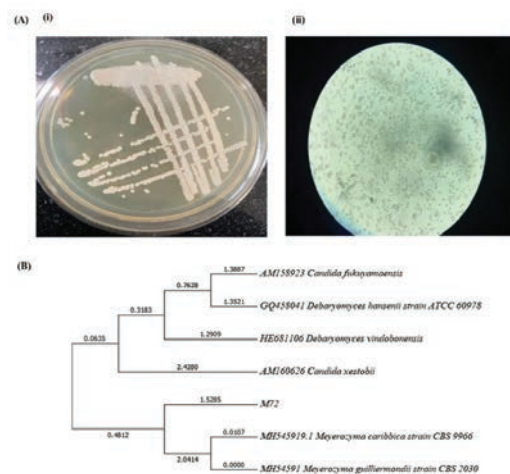
चित्र 7: ग्लूकोज की खपत और एम गिलियरमोडी पी 14 द्वारा इथेनॉल की उपज पर ए) मध्यम घटकों के तीन अलग-अलग संयोजनों (सी 1-सी 2-- , सी 3 ...) बी) विभिन्न किण्वन तापमानों (26-- , 30-- , 34...) का प्रभाव

(4-हाइड्रॉक्सीबेनज़ाल्डिहाइड, पी-कौमारिक) से बढ़ती है। इसके अलावा, कुल फेनोलिक सामग्री, कुल फ्लेवोनोइड सामग्री और निकाले गए पॉलीफेनोल्स की एंटीऑक्सीडेंट कर्मठता में भी महत्वपूर्ण वृद्धि पाई गई। वैक्यूम कोल्ड प्लाज्मा ट्रीटेड चावल की भूसी से पॉलीफेनोल्स के लिए इन-विट्रो डाइजेस्टिबिलिटी अधिक देखी गई, जबकि वायुमंडलीय कोल्ड प्लाज्मा नियंत्रित मकई की भूसी से पॉलीफेनोल्स के लिए यह अधिक था। कोल्ड प्लाज्मा एक्सट्रैक्टेड पॉलीफेनोल्स के साथ सेल व्यवहार्यता और एंटी इनफ्लेमेटरी गतिविधि को भी काफी बढ़ा हुआ ($p < 0.05$) पाया गया। पॉलीफेनोल्स की वर्धित निस्तार कोल्डप्लाज्मा उपचार पर चोकर में पंच के कारण हो सकती है, जैसा कि स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी के माध्यम से पता चला है। अतः, वर्तमान अध्ययन ने चावल और मकई की भूसी जैसे औद्योगिक अपशिष्ट से पॉलीफेनोल्स की बढ़ी हुई निकासी के लिए पहली बार वायुमंडलीय और वैक्यूम कोल्ड प्लाज्मा के उपयोग का दस्तावेजीकरण किया। इसके अलावा, प्राप्त पॉलीफेनोल्स को बेहतर इन-विट्रो पाचनशक्ति, सेल व्यवहार्यता और एंटी इनफ्लेमेटरी कर्मठता (तालिका 1) के लिए देखा गया था।

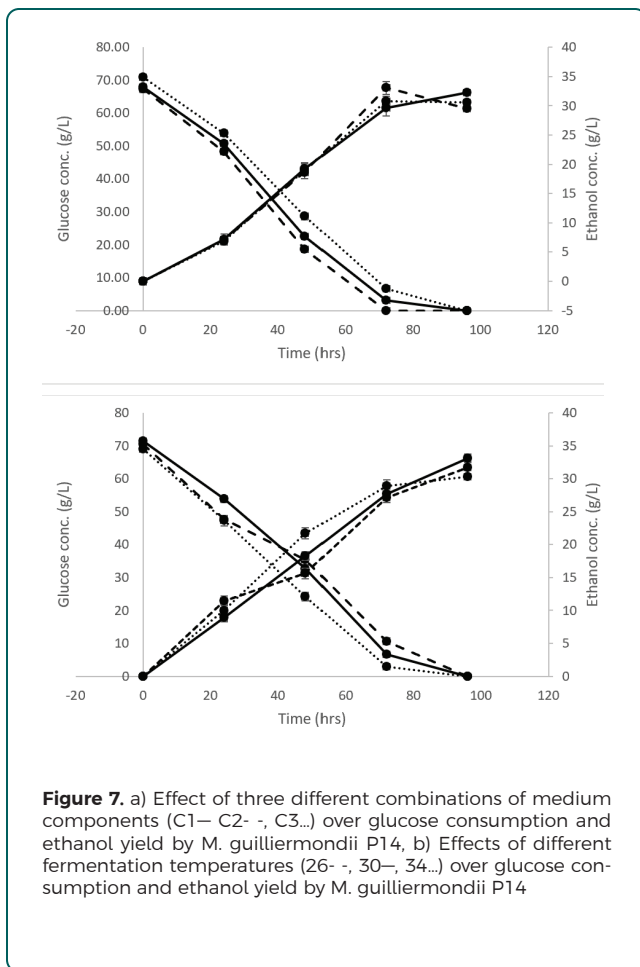
बायोमास को इथेनॉल में बदलने के लिए यीस्ट की पहचान और लक्षण वर्णन: लिग्नोसेल्यूलोसिक कच्चे माल का उपयोग आम तौर पर दूसरी पीढ़ी के इथेनॉल उत्पादन के लिए किया जाता है और इसमें चावल और गेहूँ के भूसे, गन्ना खोई और कॉर्नकोब शामिल होते हैं। इन सबस्ट्रेट्स में आमतौर पर 30-40% सेल्यूलोज और 20-30% हेमिकेलुलोज होता है जिसे इथेनॉल किण्वन के लिए यीस्ट द्वारा ऊर्जा और कार्बन स्रोतों के रूप में उपयोग किया जा सकता है। अन्य लिग्नोसेल्यूलोसिक सबस्ट्रेट्स में मिस्कैन्थस, जाइंट रीड (अरंडो डोनेक्स) और स्विच ग्रास जैसी ऊर्जा घास शामिल हैं। इनमें से विशाल ईख एक बारहमासी खरपतवार है, जो पोएसी परिवार से संबंधित है। यह दुनिया के अधिकांश हिस्सों में उच्च सापेक्ष आर्द्रता के साथ गर्म और समशीतोष्ण वातावरण में पाया जाता है। यह विभिन्न पर्यावरणीय

परिस्थितियों में बहुत आसानी से अनुकूल हो जाता है, और सीमांत मिट्टी में बढ़ सकता है और जैविक और अजैविक तनावों के लिए प्रतिरोधी है। इसके अलावा, C3 प्रकाश संश्लेषक मार्ग होने के बावजूद, इसमें उच्च प्रकाश संश्लेषण दर के साथ-साथ C4 पौधों की तुलना में उत्पादकता भी है। इसके अलावा, अन्य ऊर्जा फसलों की तुलना में इसका उच्च EROEI (निवेश की गई ऊर्जा पर ऊर्जा लौटाई गई) मूल्य है। उच्च उपज और उत्पादकता के बावजूद, इस फसल का उपयोग भोजन या चारा प्रयोजनों के लिए नहीं किया जाता है। इसके सामान्य उपयोगों में बाड़, मछली पकड़ने की छड़, संगीत वाद्ययंत्र और अस्थायी शेड तैयार करना शामिल है। पंजाब, भारत में, यह कई जिलों में सड़कों के किनारे, नदियों के किनारे या मौसमी नालों के पास देखा जा सकता है। यह इस क्षेत्र में बहुत प्रचुर मात्रा में है और न तो सरकार द्वारा काटा जाता है और न ही स्थानीय नागरिकों द्वारा। उच्च और निरंतर उत्पादन के कारण, इस खरपतवार का उपयोग दूसरी पीढ़ी के इथेनॉल उत्पादन के लिए संभावित फीडस्टॉक के रूप में किया जा सकता है।

इसे ध्यान में रखते हुए, यहां हमने विशाल ईख (अरंडो डोनेक्स) के प्रीट्रीटेड बायोमास से बायोएथेनॉल का उत्पादन करने के लिए मेयोरोजाइमा गिलियरमोडी पी 14 की क्षमता का मूल्यांकन किया है। जंगली खमीर को उसके प्राकृतिक आवास से अलग किया गया था और फ्राइलोजेनेटिक विश्लेषण (चित्र 6) द्वारा पहचाना गया था। अरंडो डोनेक्स बायोमास का क्रमिक रूप से एसिड और क्षार उपचार द्वारा पुनर्गठन संरचना को तोड़ने के लिए किया गया था। प्रीट्रीटेड बायोमास का विश्लेषण एफटीआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी और स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी द्वारा बायोमास में संरचनात्मक परिवर्तनों का निरीक्षण करने के लिए किया गया था। प्रीट्रीटेड बायोमास को तब एंजाइमिक रूप से पवित्र किया गया था और परिणामी शोरबा का उपयोग एम. गिलियरमोडी पी 14 द्वारा इथेनॉल का उत्पादन करने के लिए किया गया था। किण्वन मापदंडों जैसे पीएच, तापमान, मीडिया की संरचना और आंदोलन दर को पवित्र शोरबा आधारित किण्वन से पहले अनुकूलित किया गया था। इस अध्ययन के परिणामों से पता चला कि बायोमास के दोहरे उपचार से 90.56% सेल्यूलोज एंजाइमी आक्षेप के लिए सुलभ हो सकता है। इसके बाद, दो एंजाइम वेरिएंट के साथ प्रीट्रीटेड बायोमास के पवित्रीकरण ने 85-87% रूपांतरण दक्षता दिखाई। पवित्र शोरबा के किण्वन के परिणामस्वरूप 72h (चित्र 7) में 32.89g/L अंतिम इथेनॉल सांद्रता हुई। यह 0.48 g/g इथेनॉल उपज और 0.456 g/l/h वॉल्यूमेट्रिक उत्पादकता के अनुरूप है। एम. गिलियरमोडी, सैक्रोमायिसिस सेरेविसीए के विपरीत पेंटोस और हेक्सोज शर्करा दोनों का उपयोग करने के लिए जाना जाता है जो इसे सेल्यूलोसिक इथेनॉल उत्पादन में एक प्रमुख खिलाड़ी बनाता है। यह अध्ययन अपरंपरागत ग्लूकोज किण्वन यीस्ट से दूसरी



चित्र 8: मेयोरोजाइमा कैरिबिका एम72 का रूपात्मक, सूक्ष्म, और फ्राइलोजेनेटिक विश्लेषण: (i) पृथक के औपनिवेशिक आकारिकी का प्रतिनिधित्व करने वाली एक कल्चर प्लेट (ii) मेयोरोजाइमा कैरिबिका एम72 का सूक्ष्म दृश्य; और (बी) फ्राइलोजेनेटिक ट्री मेयोरोजाइमा कैरिबिका एम72 की अधिकतम समानता मेयोरोजाइमा कैरिबिका सीबीएस 9966 (एमएच545919.1) के साथ दिखा रहा है।



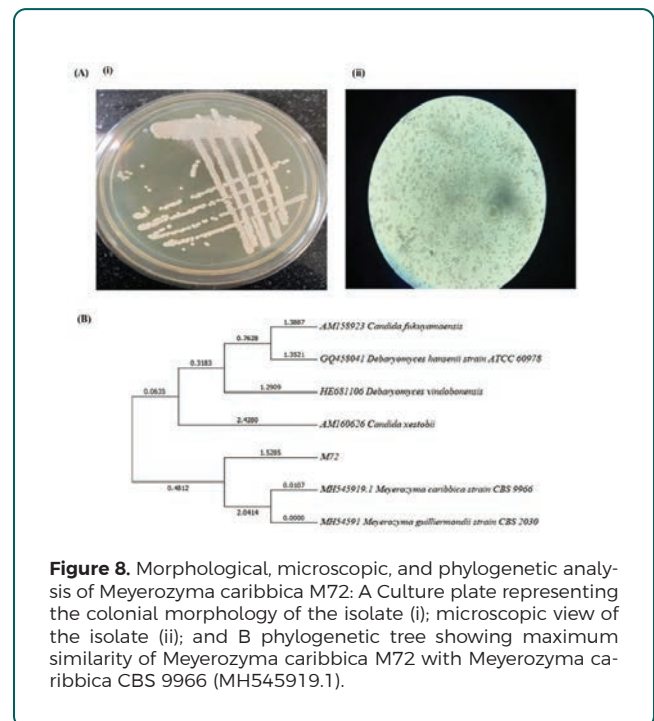
genic acid) and corn bran (4-hydroxybenzaldehyde, p-coumaric, sinapic acid and ferulic acid) in comparison of conventional extraction. Moreover, significant increment was also found in total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of extracted polyphenols. In-vitro digestibility was observed higher for vacuum cold plasma treated rice bran polyphenol, while it was higher for atmospheric cold plasma treated corn bran polyphenols. Cell viability and anti-inflammatory activity was also found to be significantly enhanced ($p < 0.05$) with cold plasma extracted polyphenols. The enhanced release of polyphenols could be due to puncture in brans upon cold plasma treatment as revealed through scanning electron microscope. Hence, present study documented the use of atmospheric and vacuum cold plasma for the first time for enhanced extraction of polyphenols from industrial waste like rice and corn bran. Also, the obtained polyphenols were observed for better in-vitro digestibility, cell viability and anti-inflammatory activity (Table 1).

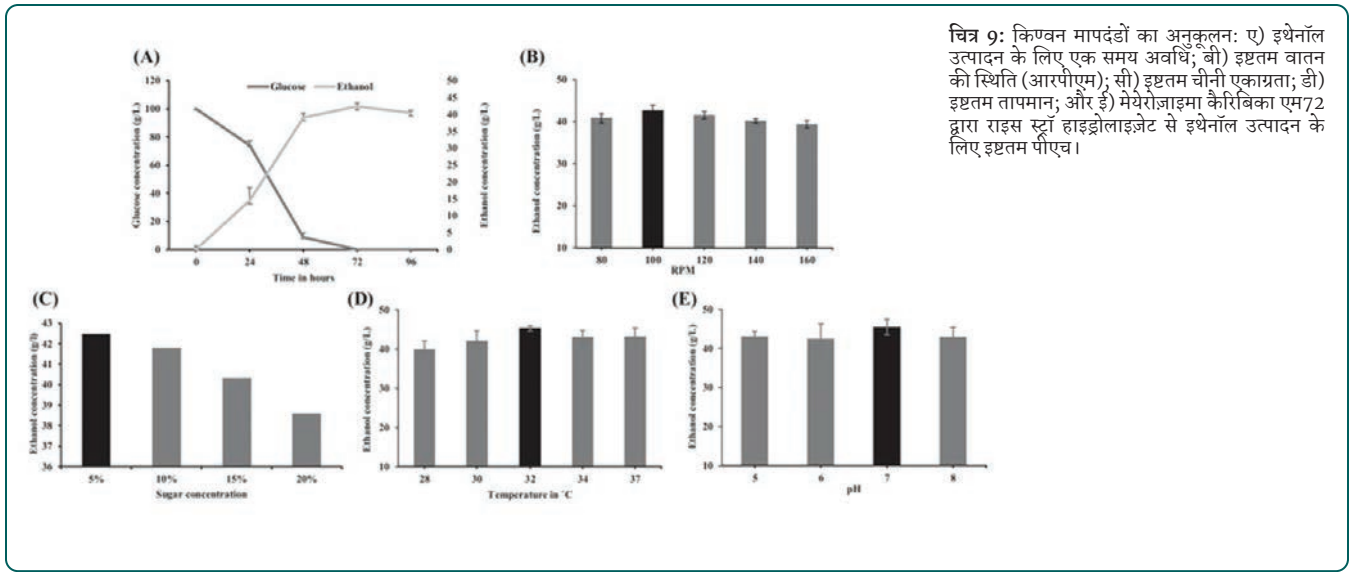
Identification and characterization of yeasts for transformation of biomass into ethanol

The lignocellulosic raw materials are generally used for second generation ethanol production and include rice and wheat straw, sugarcane bagasse, and corncobs. These substrates usually contain 30-40% cellulose and 20-30% hemicellulose which can be utilized as energy and carbon sources by yeasts for ethanol fermentation. Other lignocellulosic substrates include energy grasses like *Miscanthus*, giant reed (*Arundo donax*), and switch grass. Out of these, giant reed is a perennial weed, belonging to family Poaceae. It is found in most of the parts of the world with warm and temperate environment with high relative humidity. It adapts very easily in different

environmental conditions, and can grow in marginal soils and is resistant to biotic and abiotic stresses. Furthermore, despite having C3 photosynthetic pathway, it has high photosynthesis rate as well as productivity comparable to the C4 plants. In addition, it has high EROEI (Energy returned on energy invested) value in comparison to the other energy crops. Regardless of the high yield and productivity, this crop is not utilized for food or feed purposes. Its common uses include preparation of fences, fishing rods, musical instruments and temporary sheds. In Punjab, India, it can be seen in many districts alongside of the roads, near the shores of rivers or seasonal rivulets. It is very abundant in this area and is neither harvested by the government nor by the local citizens. Due to high and continuous production, this weed can be used as a potential feedstock for second generation ethanol production.

In view of this, here we have evaluated the ability of *Meyerozyma guilliermondii* P14 to produce bioethanol from pretreated biomass of giant reed (*Arundo donax*). The wild yeast was isolated from its natural habitat and identified by phylogenetic analysis (Fig. 6). *Arundo donax* biomass was sequentially pretreated by acid and alkali treatments to break the recalcitrant structure. The pretreated biomass was analysed by FTIR spectroscopy and scanning electron microscopy to observe the structural changes in the biomass. Pretreated biomass was then enzymatically saccharified and the resultant broth was used to produce ethanol by *M. guilliermondii* P14. The fermentation parameters such as pH, temperature, composition of media and agitation rate were optimized prior to saccharified broth-based fermentations. The results of this study revealed that the dual pretreatment of biomass could make 90.56% cellulose accessible for enzymatic attack. Subsequently, saccharification of pretreated biomass with two enzyme variants showed 85-87% conversion efficiency. Fermentation of saccharified broth resulted in 32.89g/L final ethanol concentration at 72h (Fig. 7). This corresponded to 0.48 g/g of ethanol yield and 0.456 g/L/h volumetric productivity. *M. guilliermondii* is known to utilize both pentose and hexose sugars unlike *Saccharomyces cerevisiae* which makes it a major player in cellulosic ethanol production. This study provides a significant evidence to the information pool of second generation bioethanol production from unconventional glucose fermenting yeasts.





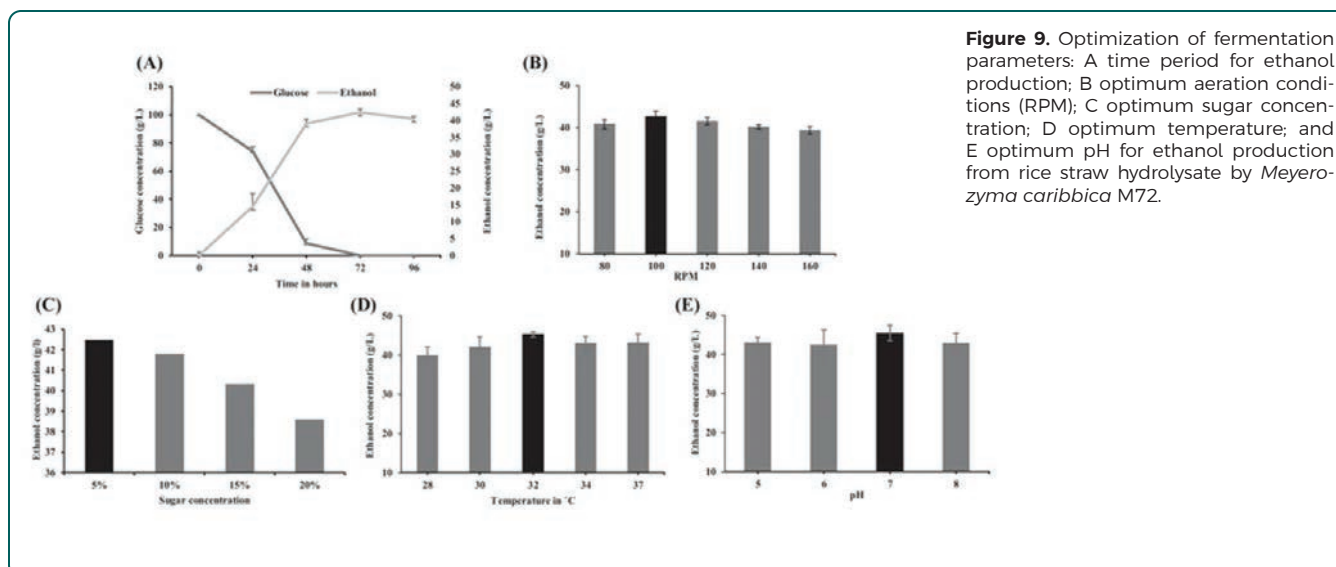
चित्र 9: किण्वन मापदंडों का अनुकूलन: ए) इथेनॉल उत्पादन के लिए एक समय अवधि; बी) इष्टतम वातन की स्थिति (आरपीएम); सी) इष्टतम चीनी एकाग्रता; डी) इष्टतम तापमान; और ई) मेथेरोज़ाइमा कैरिबिका एम72 द्वारा राइस स्ट्रॉ हाइड्रोलॉजिट से इथेनॉल उत्पादन के लिए इष्टतम पीएच।

पीढ़ी के बायोएथेनॉल उत्पादन के सूचना पूल के लिए एक महत्वपूर्ण सबूत प्रदान करता है। इसके बायोएथेनॉल उत्पादन क्षमता को सत्यापित करने के लिए शर्करा और अन्य लिप्रोसेल्यूलोसिक बायोमास की उच्च सांद्रता के साथ इस खमीर का पता लगाने का सुझाव दिया गया है। इसके अलावा, इथेनॉल किण्वन के समय के पाठ्यक्रम को भी इस तनाव या इसी तरह के अन्य लोगों को इथेनॉल की उच्च सांद्रता को सहन करने के साथ-साथ इनोकुलम एकाग्रता के आगे अनुकूलन द्वारा कम किया जा सकता है।

सेल्युलोलिक बायोमास से इथेनॉल उत्पादन को स्थायी परिपत्र अर्थव्यवस्था के संभावित तरीके के रूप में महसूस किया गया है। इस प्रयास में, चावल के भूसे के संरचनात्मक पॉलिमर के डीपोलीमराइजेशन के लिए नियोजित प्रीट्रीटमेंट प्रक्रियाएं हानिकारक और महंगी हैं। यहाँ, महुआ फूल (चित्र 8) से एक नव खमीर स्ट्रेन मेथेरोज़ाइमा कैरिबिका एम 72 की पहचान की गई थी। 10 मिनट के लिए 160 डिग्री सेल्सियस तापमान पर सौम्य सल्फ्यूरिक एसिड (0.8%) उपचार का उपयोग करके एक कुशल प्रक्रिया, चावल के भूसे से इथेनॉल उत्पादन के लिए पहचाने गए नव खमीर के साथ शर्करीकरण के बाद विकसित किया गया था। उपचार और पवित्रीकरण पर चावल के भूसे में रूपात्मक परिवर्तनों की निगरानी सेम, फटीआईआर, एक्सआरडी, और बीइए के साथ की गई। पहचाना गया खमीर चावल के भूसे के पेंटोस और हेक्सोज शर्करा दोनों का उपयोग करने में सक्षम पाया गया। महुआ फूल से मेथेरोज़ाइमा कैरिबिका एम72 को 48 घंटे में 8% इथेनॉल सहिष्णुता (चित्र 9) के साथ 48 घंटे में चावल के भूसे के पवित्र हाइड्रोलॉजिट से 24.36 ग्राम / एल की मात्रा में 32 डिग्री सेल्सियस और पीएच 7 तक इथेनॉल का उत्पादन करने के लिए पाया गया था।

प्रमुख उपलब्धियां

- एसीटायिलेटेड ज़ाइलिन से भरपूर कृषि-बायोमास के हाइड्रोलिसिस के लिए जाइलानेज़ और डीएसेटाइलेज़ गतिविधि के साथ एक काइमेरिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम विकसित किया।
- एक दुर्लभ शक्कर, डी-टैलोज के निरंतर संश्लेषण के लिए कार्बन नैनोमटेरियल्स पर एल-राइबोज आइसोमेरेज़ का स्थिरीकरण किया गया। स्थिर बायोकेटलिस्ट ने डी-टैगाटोज का 12-14% बायोकॉनवर्जन कर के डी-टैलोज बनाया और इसे 8 बार के लिए कुशलता से पुनर्नवीनीकरण किया जा सकता है।
- दो अलग-अलग औद्योगिक अपशिष्ट, तेल रहित चावल की भूसी और मकई की भूसी से पॉलीफेनोल्स की निकासी दक्षता में सुधार के लिए कोल्ड प्लाज्मा का दस्तावेजीकरण किया गया है। इसके अलावा, प्राप्त पॉलीफेनोल्स को इन विट्रो पाचनशक्ति, सेल व्यवहार्यता और विरोधी भड़काऊ गतिविधि में बेहतर के लिए देखा गया था।
- विशाल ईख (अरंडो डोनैक्स) के प्रीट्रीटमेंट बायोमास से बायोएथेनॉल का उत्पादन करने के लिए मेथेरोज़ाइमा गिलियरमंडी पी 14 की क्षमता का प्रदर्शन किया।
- महुआ के फूल से एक नए यीस्ट स्ट्रेन मेथेरोज़ाइमा कैरिबिका एम 72 की पहचान की और चावल के भूसे से बायोएथेनॉल उत्पादन में इसके उपयोग का प्रदर्शन किया।



It is further suggested to explore this yeast with higher concentrations of sugars and other lignocellulosic biomasses to verify its bioethanol production potential. Furthermore, the time course of ethanol fermentation may also be reduced by adapting this strain or similar others to tolerate higher concentrations of ethanol as well as further optimization of inoculum concentration.

Salient Achievements

- ◆ Developed a chimeric bi-functional enzyme with xylanase and deacetylase activity for the hydrolysis of agro-biomass rich in acetylated xylan.
- ◆ Immobilized L-ribose isomerase on carbon nano-materials for the sustained synthesis of a rare sugar, D-talose. The immobilized biocatalyst governed 12–14% bioconversion of D-tagatose to D-talose and can be efficiently recycled for 8 times.
- ◆ Cold plasma has been documented to improve the extraction efficiency of polyphenols from two different industrial wastes, de-oiled rice bran and corn bran. Also, the obtained polyphenols were observed for better in vitro digestibility, cell viability and anti-inflammatory activity.
- ◆ Demonstrated the ability of *Meyerozyma guilliermondii* P14 to produce bioethanol from pretreated biomass of giant reed (*Arundo donax*).
- ◆ Identified a novel yeast strain *Meyerozyma caribbica* M72 from mahua flower and demonstrated its use in bioethanol production from rice straw.

रसायन अभियान्त्रिकी



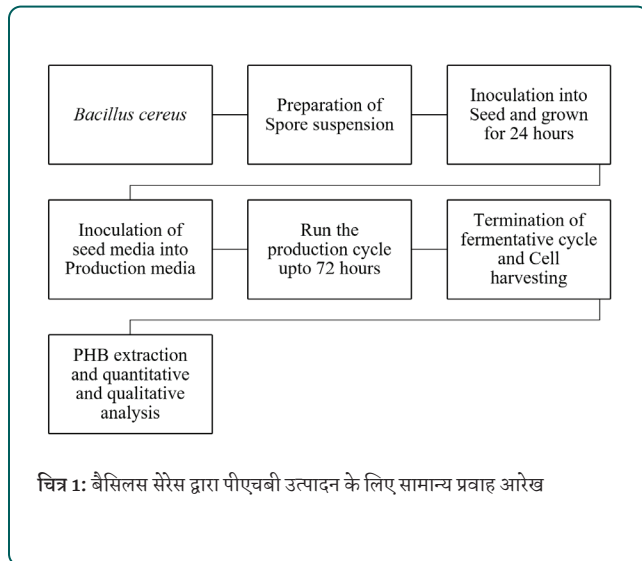
डॉ. शाश्वत गोस्वामी
वैज्ञानिक-एफ

रिसर्च फेल्लो
अनूप कुमार, बुलबुल गुप्ता,
सुभाशिष दत्ता, रेणुका,
अंजना, हर्षदीप राणा,
किरण किशोर खण्डार, मनाली सिंह

विशेषज्ञता

एगो वेस्ट वोलाइजेशन के लिए केमिकल इंजीनियरिंग; किण्वन, बायोपॉलिमर प्रक्रिया विकास के लिए प्रौद्योगिकी; एंजाइम प्रोटीन; एंजाइम प्रक्रिया विकास; प्रोटीन शुद्धि

बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक की आवश्यकता सिंथेटिक प्लास्टिक के कारण होने वाले प्रदूषण के स्तर में वृद्धि के कारण उभरी है। बायोडिग्रेडेबल प्लास्टिक प्राकृतिक परिस्थितियों में आत्म-क्षरण में सक्षम हैं। PHA कोशिकाओं के अंदर ऊर्जा भंडारण के लिए सूक्ष्मजीवों द्वारा संश्लेषित लिपिड समावेशन हैं। पॉली डी (-) 3-हाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट (PHB) अब बायोपॉलिमर उत्पादन के लिए एक संभावित स्रोत के रूप में उभर रहे हैं क्योंकि वे प्रोपलीन के समान गुणों से मिलते जुलते हैं। PHB एक स्वाभाविक रूप से संश्लेषित, झिल्ली से बंधे कार्बनिक समावेशन निकाय है जिसमें पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट अणु होते हैं जो आसन्न अणुओं के कार्बोक्सिल और हाइड्रॉक्सिल समूहों के बीच एस्टर बॉन्ड से जुड़ते



हैं। वे 300 से अधिक जीवाणुओं में ऊर्जा संसाधन के रूप में संचित होते हैं। पीएचबी का संचय किण्वन के दौरान मीडिया संरचना में मौजूद कार्बन और नाइट्रोजन स्रोत के अनुपात पर निर्भर करता है। वे अलग-अलग निकायों में जमा होते हैं, लगभग 0.2 से 0.7 माइक्रोन व्यास में।

बैक्टीरियल किण्वन द्वारा पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट का उत्पादन, और इसके व्युत्पन्न डिजाइन परिचय:

इस अध्ययन में उपयोग किए जाने वाले सूक्ष्म जीव को आलू के खेत से मिट्टी के नमूने से अलग किया गया था। इस अध्ययन में, कई बैक्टीरिया को अलग किया गया और उनकी जांच की गई। वे एक एलए मीडिया में एंटीफंगल के साथ उगाए गए थे और सूडान ब्लैक बी ड्राई का उपयोग करके पीएचबी के जैवसंश्लेषण के लिए जांच की गई थी। दिए गए मिट्टी के नमूने से ग्राम स्टेनिंग पर आधारित एक ग्राम-पॉजिटिव जीवाणु को अलग किया गया। आगे की जांच के लिए पॉलीमीक्सिन बी एंटीबायोटिक के साथ पूरक केजी अगर माध्यम पर जीवाणु को आगे बढ़ाया गया था। रूपात्मक, शारीरिक और जैव रासायनिक विशेषताओं के आधार पर, पृथक दाग को पहचान बैसिलस प्रजाति के रूप में की गई थी। बैक्टीरियल संस्कृतियों को संरक्षित किया गया और लुरिया अगर तिरछी लकीरों पर फैलाया गया, रात भर 37 डिग्री सेल्सियस पर ऊष्मायन किया गया और फिर आगे के उपयोग के लिए 4 डिग्री सेल्सियस पर प्रशीतित किया गया।

16 एस राइबोसोमल आरएनए जीन अनुक्रमण का उपयोग एनसीबीआई जेनबैंक के डेटाबेस के साथ ब्लास्ट करने के लिए किया गया था। अधिकतम पहचान स्कोर के आधार पर पहले दस अनुक्रमों का चयन किया गया था और कई संरक्षण सॉफ्टवेयर प्रोग्राम क्लस्टल डब्ल्यू का उपयोग करके संरेखित किया गया था। दूरी मैट्रिक्स उत्पन्न किया गया था और मेगा 7 का उपयोग करके फ़ाइलोजेनेटिक पेड़ का निर्माण किया गया था। जीव ने न्यूक्लियोटाइड होमोलॉजी और फ़ाइलोजेनेटिक विश्लेषण के आधार पर बैसिलस सेरेस के साथ उच्च समानता दिखाई। अनुक्रम डेटा एनसीबीआई जेनबैंक को प्रस्तुत किया गया है जिसमें परिग्रहण संख्या एमएफ134407.1 है।

CHEMICAL ENGINEERING



Dr. Saswata Goswami
Scientist-F

Research Fellows

Anup Kumar, Bulbul Gupta
Subhasish Dutta, Renuka, Anjana
Harshdeep Rana, Kiran Kishor
Khandare, Manali Singh

Expertise

Chemical Engineering for Agro Waste Valorization; Fermentation Technology for Biopolymer Process Development; Enzyme Protein; Enzyme Process Development; Protein Purification.

The concept of biodegradable plastics has emerged past many years because of increase in the pollution level caused by non-biodegradable plastics. The term "biodegradable plastics" implies to the polymer capable of enzymatic degradation and can lead to the production of carbon dioxide, water, inorganic compounds and biomass.

Production of polyhydroxybutyrate by bacterial fermentation, and its derivative design

Bio-polymers, synthesized by microorganisms as lipid inclusions for energy storage in granular forms inside the cellular structure, are polyhydroxyalkanoates (PHAs). Poly D (-) 3-hy-

droxybutyrate (PHB) are now emerging as a potential source for biopolymer production as they resemble similar properties as of propylene. PHB is a naturally synthesized, membrane bound organic inclusion body that contains polyhydroxybutyrate molecules joined by ester bonds between the carboxyl and hydroxyl groups of adjacent molecules. They are accumulated as energy resource in more than 300 bacteria, both gram positive and gram negative. The accumulation of PHB depends upon the ratio of carbon and nitrogen source present in the media composition during fermentation. They accumulate in distinct bodies, around 0.2 to 0.7 μm in diameter, that are readily stained with Sudan black for light microscopy and are clearly visible in the electron microscope.

The microbe to be used in this study was isolated from soil sample from the potato field. In this study, several bacteria were isolated and screened. They were grown in a LA media with antifungal and screened for biosynthesis of PHB using Sudan black B dye. A gram-positive bacterium based on Grams Staining was isolated from given soil sample. The bacterium was further grown on KG Agar medium supplemented with polymyxin B antibiotic for further screening. Based on the morphological, physiological and biochemical characteristics, the isolated strain was identified as the *Bacillus* species. Bacterial cultures were preserved and propagated by streaked on to Luria agar slants, incubated at 37°C overnight and then refrigerated at 4°C for further use. The fermentation was carried using 2 stage fermentation in shake flask experiments with *Bacillus cereus* with glucose as sole carbon source. Analytical estimation of different parameters during fermentation: Different parameters including pH, absorbance, microscopy, sugar content, nitrogen content was determined after every 4-6 hours till 24-48 hours during fermentation. The 16 S ribosomal RNA gene sequencing was used to carry out BLAST with the database of NCBI GenBank. Based on maximum identity score first ten sequences were selected and

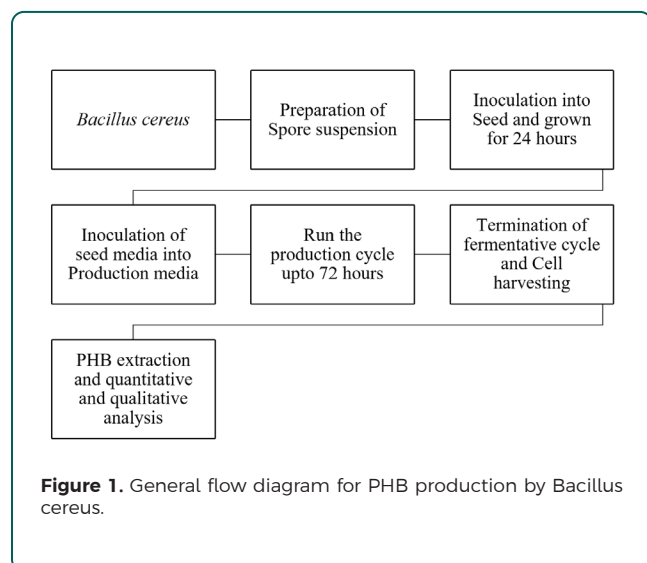
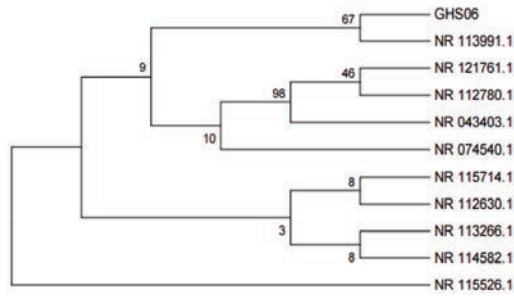


Figure 1. General flow diagram for PHB production by *Bacillus cereus*.



चित्र 2: अधिकतम संभावना विधि द्वारा आणविक phylogenetic विश्लेषण। 16 एस राइबोसोमल आरएनए जीन अनुक्रमण आधारित आणविक विधि का उपयोग करके पहचान की गई। जीव GHS06 ने न्यूक्लियोटाइड समरूपता और फ्राइलोजेनेटिक विश्लेषण के आधार पर बेसिलस सेरेस के साथ उच्च समानता दिखाई।

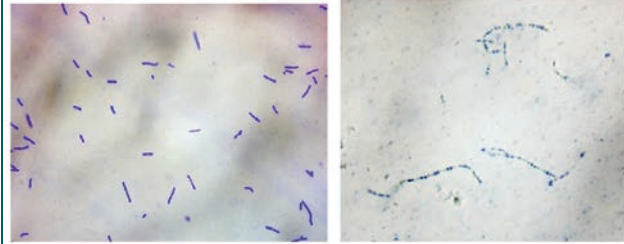
सूडान ब्लैक बी को 1934 में एल लिसन द्वारा ऊतक वर्गों में लिपिड का पता लगाने के लिए एक विशिष्ट वसा दाग के रूप में पेश किया गया था। 70% अल्कोहल या एथिलीन ग्लाइकॉल में सूडान ब्लैक बी के संतुप्त समाधान बैक्टीरिया के वसा वाले शरीर को गहरे नीले-काले रंग में दाग देते हैं। रंग जो बेसिलस सेरेस की विशेषता है। किण्वन चरण दो चरण शोक फ्लास्क किण्वक में किया गया था। इस स्तर पर, कोशिका वृद्धि में वृद्धि हुई थी और 24 घंटों के ऊष्मायन के बाद पीएच में गिरावट आई थी। मीडिया ने सूक्ष्म जीवों के विकास और विकास की अनुमति दी। 6 घंटे के बाद, कुल PHB यील्ड 22.56% प्रति सेल ड्राई वेट (CDW) थी। हालांकि, 24 घंटे के बाद पीएचबी की उपज घटकर 11% सीडीडब्ल्यू हो गई।

पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट आधारित बायोकंपोजिट्स की तैयारी, इसके लक्षण वर्णन और यंग के मापांक का तुलनात्मक अध्ययन

कम कीमत पर बेहतर गुणों वाली नई सामग्री प्राप्त करने के लिए समग्र सामग्री दो या दो से अधिक चरणों से बनी होती है। निर्माण में आसानी, कम वजन और कम प्रसंस्करण लागत के कारण उन्होंने कई पारंपरिक सामग्रियों को बदल दिया है। हालांकि, कुछ अनुप्रयोगों के लिए, बहुलक सामग्री प्रदर्शित करने वाले स्वच्छ गुण बाजार की आवश्यकताओं को पूरा नहीं करते हैं, जो प्रबलिंग एजेंटों के उपयोग को प्रेरित करते हैं। विभिन्न पॉलीमरिक सामग्री के अलावा, पीएचबी विभिन्न पारिस्थितिक कारकों के तहत पूरी तरह से बायोडिग्रेडेबल है। जैविक अपघटन द्वारा बहुलक को वापस कार्बन डाइऑक्साइड, पानी और ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। पारिस्थितिकी तंत्र में पीएचबी गिरावट या तापमान पर नगण्य लगता है और इसलिए एक स्थिर जीवन है। PHB पॉलिमर को प्लास्टिडाइजर, स्टेबलाइजर, मैट्रिक्स, फिलर्स और कम्पैटिबिलाइजर के साथ सम्मिश्रण करने से स्थिर मिश्रित सामग्री बन सकती है। नतीजतन, पारंपरिक पॉलिमर की तुलना में समग्र में भौतिक-रासायनिक गुणों में सुधार हो सकता है। इसलिए पूरे ऑपरेशन का असर कम्पोस्ट फिल्म के खराब होने की घटनाओं पर पड़ सकता है।

ऐसे बायोकंपोजिट्स की तैयारी के लिए, पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट को बेहतर विकल्प के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। पीएचबी एक पॉलिएस्टर है जो विभिन्न जीवाणु एसपीपी द्वारा पोषक तत्वों को सीमित करने की स्थिति के दौरान उत्पादित किया जाता है। यह एक अच्छा तापीय और यांत्रिक गुणों वाला एक बायोडिग्रेडेबल बहुलक है। एक मिश्रित सामग्री के गुण संवैधानिक सामग्रियों के गुणों से निर्धारित होते हैं। इसलिए इस अध्ययन में पीएचबी-सेल्युलोज एसीटेट और सेल्युलोज नैनोक्रीस्टल के साथ दो अन्य अलग-अलग पॉलिमर का चयन किया गया। इन पॉलिमर की कई विशिष्ट विशेषताएं हैं। सेल्युलोज एसीटेट एक अन्य बायोडिग्रेडेबल बहुलक है जो सेल्युलोज का एसीटेट एस्टर है और एसिटिक एसिड के साथ सेल्युलोज को प्रतिक्रिया करके बनाया जाता है। सीएनसी एक कार्बोहाइड्रेट बहुलक है जिसमें ग्लूकोज उप-इकायाँ होती हैं।

अध्ययन का औचित्य: विलायक कास्टिंग द्वारा बायोडिग्रेडेबल पीएचबी फिल्मों की तैयारी करना आसान तरीका है। सॉल्वेंट कास्टिंग, सॉल्वेंट कास्टिंग समय और तापमान जैसे प्रसंस्करण मापदंडों की भिन्नता के माध्यम से फिल्म के यांत्रिक और ऑप्टिकल गुणों की ट्यूनेबिलिटी को सक्षम बनाता है। सॉल्वेंट कास्टिंग प्रक्रिया अल्ट्रा-पतली फिल्मों का निर्माण करने में सक्षम है जिनमें उच्च ऑप्टिकल स्पष्टता और झरझरा फिल्में होती हैं जो शारीरिक स्थितियों में तेजी से गिरावट कर सकती हैं। इन लाभों के बावजूद, सॉल्वेंट्स के साथ आने वाली अतिरिक्त लागत और खतरों में फोटोग्राफिक शीट के लिए सेल्युलोज ट्राइसेटेट फिल्मों जैसे विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए विलायक कास्टिंग सीमित है। इसलिए इस अध्ययन में, पीएचबी को एक अन्य



चित्र 3: बैक्टीरिया रॉड के आकार के थे; बैक्टीरिया रंग की कोशिका भित्ति दिखाई देने के कारण ग्राम धनात्मक है। PHB के वसा ग्लोब्यूलस तब देखे गए जब कोशिकाओं को SSB से दाग दिया गया।

बायोपॉलिमर सीएनसी और सेल्युलोज एसीटेट के साथ तैयार किया गया था। गुणों की तुलना विभिन्न सांद्रता में तैयार किए गए अन्य कंपोजिट से की गई। सभी कंपोजिट की तन्य शक्ति का परीक्षण 0 दिनों और 30 दिनों के अंतराल पर किया गया। प्रक्रिया

घटकों का चयन: बायोकंपोजिट की तैयारी के लिए, पीएचबी, सेल्युलोज एसीटेट (सीए) और सेल्युलोज नैनोक्रीस्टल (सीएनसी) की विभिन्न सांद्रता को इष्टतम तापमान और आरपीएम पर उपयुक्त कार्बनिक विलायक डीएमएसओ में तौला और भंग किया गया था। सॉल्वेंट कास्टिंग विधि का उपयोग करके कंपोजिट तैयार किए गए थे। बायोकंपोजिट तैयार करने के लिए डीएमएसओ को विलायक के रूप में चुना गया था। शुरू में पीएचबी की मापी गई मात्रा को डीएमएसओ में लगातार हिलाते हुए जोड़ा गया। PHB को 30-40 मिनट में 150°C पर भंग कर दिया गया था। PHB के पूर्ण विलयन के बाद, तापमान 70°C तक कम हो गया। फिर सेल्युलोज एसीटेट और सीएनसी को धीरे-धीरे उसी घोल में मिलाया गया। लगातार तापमान और सरगर्मी के तहत 60 मिनट के लिए प्रतिक्रिया को आगे बढ़ाया गया था। जब स्पष्ट तरल दिखाई देता है, तो समाधान पॉलीस्टाइनिन पेट्री प्लेटों में डाला जाता है। घोल को गर्म हवा के ओवन में 48-72 घंटों के लिए वाष्पित होने दिया गया था सूखने के बाद, फिल्म को नुकीले रंग का उपयोग करके पेट्री प्लेट से सावधानीपूर्वक छील दिया गया था। तब गठित कंपोजिट को तन्यता परीक्षण के अधीन किया गया था।

तन्यता परीक्षण: तन्यता परीक्षण परम तन्यता मशीन (अल्टीमेट टेन्साइल स्ट्रेंथ AGX-V सीरीज 50kN, शिमदजु) द्वारा कमरे के तापमान पर 1 मिमी / मिनट की क्रॉसहेड गति के साथ किया गया था। परीक्षण के लिए सभी कंपोजिट 20 मिमी चौड़े और 90 मिमी लंबे आयताकार आकार में काटे गए थे। सभी कटे हुए कंपोजिट की मोटाई वर्नियर कैलिपर का उपयोग करके मापी गई। कट कंपोजिट को लोड सेल के बीच रखा गया था और इसकी गेज लंबाई को मापा गया था। फिर विभिन्न नमूनों के लिए परीक्षण किया गया। प्रसंस्करण (0 दिन) के तुरंत बाद और कमरे के तापमान पर उम्र बढ़ने के 30 दिनों के बाद नमूनों का परीक्षण किया गया। सभी नमूनों को परीक्षण तक कमरे के तापमान पर संग्रहीत किया गया था।

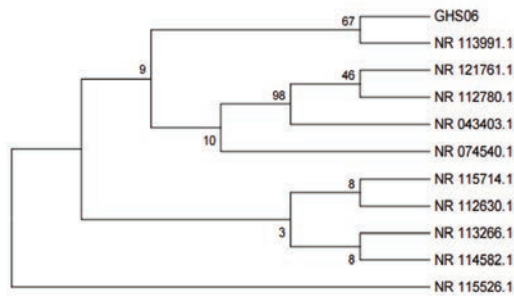


Figure 2. Molecular phylogenetic analysis by maximum likelihood method. Identification was carried out using 16 S ribosomal RNA gene sequencing based molecular method. Organism GHS06 showed high similarity with *Bacillus cereus* based on nucleotide homology and phylogenetic analysis.

aligned using multiple alignment software program Clustal W. Distance matrix was generated and the phylogenetic tree was constructed using MEGA 7. Organism showed high similarity with *Bacillus cereus* based on nucleotide homology and phylogenetic analysis. The sequence data have been submitted to NCBI GenBank having accession number MF134407.1 Sudan black B was introduced as a specific fat stain for the detection of lipids in tissue sections by L. Lison in 1934. Saturated solutions of Sudan black B in 70% alcohol or in ethylene glycol stain the fat bodies of bacteria a deep blue-black colour that is distinguish feature of *Bacillus cereus*. The fermentation step was carried out in a two stage shake flask fermenter. In this level, cell growth had increased and pH had declined after 24 hours of incubation. The media allowed the growth and development of microbe. After 6 hours, the total PHB yield was 22.56 % per cell dry weight (CDW). However, PHB yield declined after 24 hours to 11% CDW.

Preparation of polyhydroxybutyrate based biocomposites, its characterization and comparative study of Young's Modulus

Composite materials are made up of two or more phases, to finally obtain a new material with better properties, at a lower price. They have replaced many conventional materials for various applications, mainly due to their ease of manufacture, lower weight, and lower processing costs. However, for some applications, the neat properties that polymeric materials exhibit do not meet the market requirements, inducing the use of reinforcing agents. Apart from numerous different polymeric materials, PHB is fully biodegradable under various ecological factors. Even so, the polymer could be converted back to carbon dioxide, water and energy by biological decomposition. PHB degradation in the ecosystem or are at temperature seems insignificant and therefore has a stable life. Blending PHB polymers with appropriate plasticisers, stabilizers, matrixes, fillers and compatibilizers could likely form stable composite materials. As a result, the composite may have improved physio-chemical properties compared with the traditional polymers. Entire operation may therefore have an influence on the incidence of deterioration of the compost film made.

For the preparation of one of such biocomposites, polyhydroxybutyrate may be used as better alternative. PHB is a polyester produced during nutrient limiting conditions by different bacterial spp. It is a biodegradable polymer with a good thermal and mechanical properties. The properties of a composite material are determined by the properties of the constitutive materials. Hence in this study, two other different

polymers were selected along with PHB- cellulose acetate and cellulose nanocrystals. There are several characteristic features of these polymers. Cellulose acetate is another biodegradable polymer which is acetate ester of cellulose and is made by reacting cellulose with acetic acid. CNC is a carbohydrate polymer consisting of glucose sub-units.

Biodegradable PHB films preparation by solvent casting is one of the easy method to carry out. Solvent casting enables tunability of mechanical and optical properties of the film through the variation of processing parameters such as solvent casting time and temperature. The solvent casting process is capable of producing ultra-thin films that have high

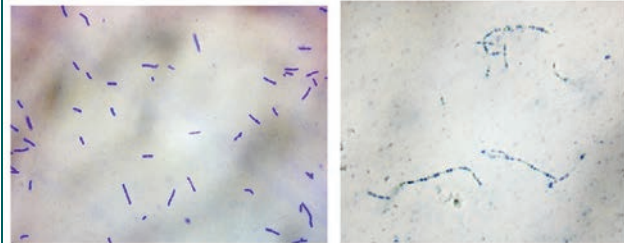
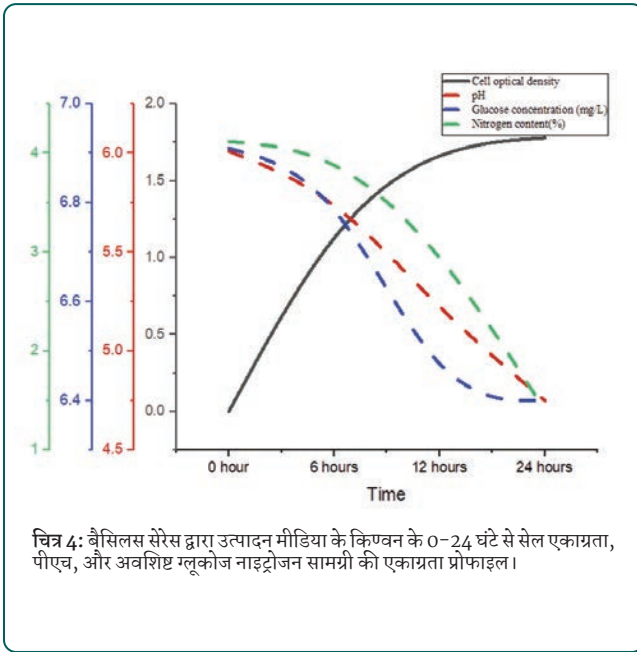


Figure 3. The bacteria were rod shaped; Gram's positive due to appearance of purple colour cell wall. The fat globules of PHB were seen when the cells were stained with SSB stain.

optical clarity and porous films that can degrade rapidly in physiological conditions. Despite these advantages, the added cost and hazards that come with solvents has limited solvent casting to niche applications such as cellulose triacetate films for photographic sheets. Hence in this study, PHB was fabricated with another biopolymer CNC and cellulose acetate. The properties were compared with other composites prepared at different concentrations. The tensile strength of all the composites were tested at 0 days and 30 days of interval.

Selection of concentration of constituents: For preparation of biocomposites, different concentration of PHB, cellulose acetate (CA) and cellulose nanocrystals (CNC) were weighed and dissolved in suitable organic solvent DMSO at optimum temperature and RPM. Composites were prepared using solvent casting method. DMSO was selected as solvent to prepare biocomposites. Initially measured amount of PHB was added in DMSO under continuous stirring. PHB was dissolved after 30-40 minutes at 150°C at constant stirring. After complete solvation of PHB, temperature was lowered to 70°C. Then cellulose acetate and CNC were added slowly to same solution. The reaction was proceeded for 60 minutes at under constant temperature and stirring. When clear liquid appears, then solution was poured into polystyrene Petri plates. The solution was allowed to get evaporated for 48-72 hours in hot air oven After drying, the film was carefully peeled off from the Petri plate using pointed spatula. Then the formed composites were subjected for tensile testing.

Tensile testing: Tensile test was done by ultimate tensile machine (Ultimate Tensile Strength AGX- V Series 50kN, Shimadzu) at room temperature with a crosshead speed of 1 mm/min. All the composites for testing were cut into rectangle shape with 20 mm wide and 90 mm long. The thickness of the all the cut composites were measured using Vernier Caliper. The cut composites were placed between the load cells



अभिलक्षणन: तैयार किए गए बायोकंपोजिट को अलग-अलग लक्षण वर्णन के अधीन किया गया था जैसे कि रूपात्मक विश्लेषण और तन्य शक्ति।

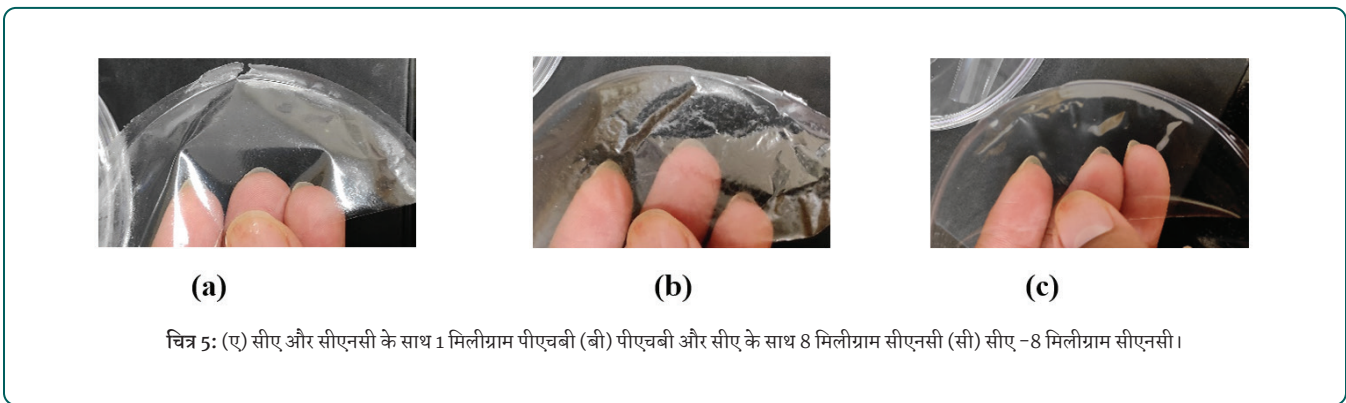
परिणाम और चर्चा: जैव कंपोजिट का रूपात्मक विश्लेषण: कई तैयार कंपोजिट पारदर्शी थे जबकि कुछ धुंधले थे। वे कुछ हद तक लचीले थे। तैयार किए गए सभी कंपोजिट में एक समान मोटाई होती है। उन्हें पेट्री प्लेट से छड़ीलना आसान था (चित्र 5)।

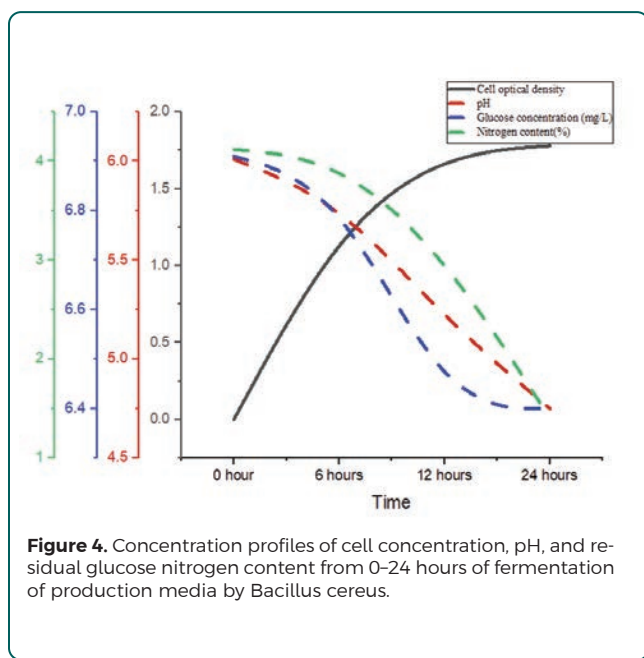
तन्यता ताकत: पीएचबी अपने माध्यमिक क्रिस्टलीकरण के लिए जाना जाता है। तो, यांत्रिक प्रदर्शन इसके प्रसंस्करण के बाद के समय पर निर्भर करता है। इसलिए, प्रसंस्करण (0 दिन) के बाद और कमरे के तापमान पर संग्रहीत 30 दिनों के बाद तन्यता गुणों (यंग मापांक) का आकलन किया गया है। यंग के मापांक को लोच के मापांक के रूप में भी जाना जाता है, एक सामग्री की यांत्रिक संपत्ति है जो इसकी लंबाई के संबंध में संपीड़न या बढ़ाव का सामना करती है। यह तनाव और सामग्री के तनाव का अनुपात है। पीएचबी आधारित बायोकंपोजिट्स की तन्यता ताकत समय के साथ घटती गई, भले ही इसकी सांद्रता कुछ भी हो। उम्र बढ़ने के कारण यंग के लचीलेपन के मापांक में कमी और उसके तन्य व्यवहार में भिन्नता थी। इस तरह के व्यवहार का कारण माध्यमिक क्रिस्टलीकरण और बायोकंपोजिट्स (चित्रा 6) में अनाकार क्षेत्र की भौतिक उम्र बढ़ने के लिए जिम्मेदार है। हालांकि, जब न्यूनतम स्तर पर पीएचबी सांद्रता ने प्रसंस्करण के 30 दिनों के बाद 9 मिलीग्राम सीएनसी-सीए बायोकंपोजिट की तन्य शक्ति में उल्लेखनीय वृद्धि की। पीएचबी को न्यूनतम

रखते हुए अन्य सीएनसी सांद्रता के साथ भी इसी तरह की प्रवृत्ति देखी गई (चित्र 7)। फिर भी, पीएचबी की भूमिका को नजरअंदाज नहीं किया जा सकता है क्योंकि यह भोले सीए कंपोजिट की तन्य शक्ति को 22.19 एन/एमएम² (आंकड़ा 8) तक बढ़ा देता है। पीएचबी की कम से कम मात्रा वाले सभी बायोकंपोजिट्स में तन्य शक्ति में उल्लेखनीय वृद्धि हुई थी।

निष्कर्ष: इसलिए, सभी परिणामों की तुलना में, 9 मिलीग्राम सीएनसी और सीए के साथ 1 मिलीग्राम पीएचबी को आगे की समग्र तैयारी के लिए सबसे उपयुक्त उम्मीदवार के रूप में चुना गया था। सेल्यूलोज कंपोजिट के गुणों को सीएनसी या पीएचबी के समावेश के साथ बढ़ाया गया था। हालांकि, फिलर के रूप में पीएचबी की न्यूनतम सांद्रता से बायोकंपोजिट्स की तन्य शक्ति में उल्लेखनीय वृद्धि हुई। सीएनसी और पीएचबी दोनों को शामिल करके सीए बायोकंपोजिट्स के तन्य गुणों को और बढ़ाया गया। सीएनसी कंपोजिट को क्रिस्टलीयता प्रदान करता है जिससे इसकी मजबूती और बढ़ जाती है।

सुपरक्रिटिकल CO₂ लैगस्ट्रोमिया स्पेशियोसा से बायोएक्टिव यौगिकों का निष्कर्षण परिचय: अधिक से अधिक लोग अपने स्वास्थ्य के बारे में चिंतित हैं, इसलिए स्वस्थ खाद्य उत्पादों की मांग बढ़ रही है। नतीजतन, कई शोधकर्ता नए, प्राकृतिक और मूल्यवान बायोएक्टिव यौगिकों की खोज कर रहे हैं। एक ही समय में न्यूनतम लागत के साथ ऐसी चीजों का उत्पादन करना महत्वपूर्ण है। प्लांट बायोमास रूपांतरण प्रौद्योगिकियों के संयोजन से उत्पादन लागत कम होती है जबकि नए मूल्य वर्धित उत्पादों और रसायनों के विकास की अनुमति भी मिलती है। *Lagerstroemia speciosa* (बनबा) प्रमुख घटक का स्रोत है जो एंटीडायबिटिक गुण दिखाता है और यह प्राचीन समय से बहुत ध्यान आकर्षित करता है। शोधकर्ताओं ने इसके कोलेस्ट्रॉल कम करने वाले गुणों को कुशलता से स्पष्ट किया है। लेकिन इसके उपयोग की सीमा इसकी उच्च उत्पादन लागत के कारण हो सकती है जो प्रत्येक मिलीग्राम के पीछे 43 डॉलर है। उच्च उत्पादन लागत सीधे इसकी निष्कर्षण विधियों से संबंधित है। यह अधिक ऊर्जा और महंगे कार्बनिक सॉल्वेंट्स के उपयोग का भी परिणाम है। सिग्मा एल्ट्रिच को छोड़कर कोई मौजूदा कंपनी नहीं है जो भारत में शुद्ध कोरोसोलिक से संबंधित है। इस अध्ययन का उद्देश्य इसकी आर्थिक स्थिरता पर विचार करते हुए एल. स्पेशियोसा से एंटीडायबिटिक यौगिक के लिए सर्वोत्तम निष्कर्षण मापदंडों का मूल्यांकन करना था। एल. स्पेशियोसा की पत्ती को सीआईएबी परिसर से एकत्र किया गया, मास कोलाइडर का उपयोग करके पीस लिया गया और प्रत्येक निष्कर्षण के दौरान समान आकार के बायोमास को रखने के लिए 200 माइक्रोन छलनी के माध्यम से छलनी किया गया। फिर CO₂ सुपरक्रिटिकल फ्लुइड एक्सट्रैक्टर का उपयोग करके पाउडर को निकाला गया। अर्क एकत्र किया गया था और फिर डायोन एचपी 20 का उपयोग करके कॉलम क्रोमैटोग्राफी के साथ शुद्ध किया गया था। अंश में एंटीडायबिटिक यौगिक की उपस्थिति की पुष्टि एचपीएलसी की मदद से की गई थी। प्रयोगशाला उपकरणों पर प्राप्त परिणाम पायलट संयंत्र और अंत में औद्योगिक स्तर तक प्रक्रियाओं को बढ़ाने के लिए आवेदन कर सकते हैं। नतीजतन, अध्ययन के परिणामों को विकसित बायोरिफाइनिंग योजनाओं के व्यावसायीकरण के लिए पहला और महत्वपूर्ण कदम माना जा सकता है।





and its gauge length were measured. Then the test was performed for the different samples. The samples were tested immediately after processing (0 days) and after 30 days of aging at room temperature. All the samples were stored at room temperature until tested.

Characterization: The prepared biocomposite were subjected for different characterization such as morphological analysis and tensile strength.

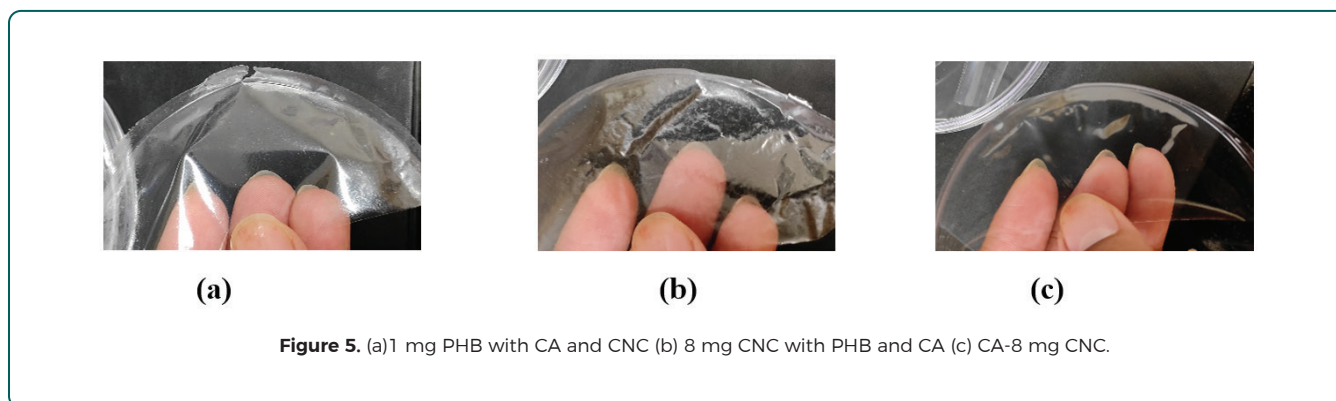
Morphological Analysis of bio composites: Many of prepared composites were transparent while some were hazy. They were flexible to a little extent. All the composites prepared have uniform thickness. They were easy to peel off from the Petri plate (figure 5).

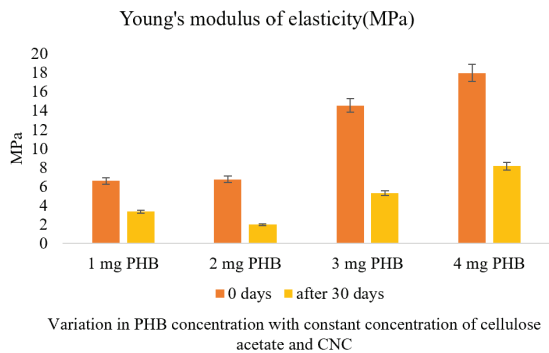
Tensile strength: PHB is known by its physical aging and secondary crystallization. So, the mechanical performance depends on time after its processing. For such a reason, tensile properties (Young's modulus) have been assessed after processing (0 day) and after 30 days stored at room temperature. Young's modulus is also known as modulus of elasticity, is mechanical property of a material to withstand the compression or the elongation with respect to its length. It is ratio of stress and stress of material. The tensile strength of PHB based biocomposites decreased with time irrespective of its concentration. There was reduction in young's modulus of elasticity and a variation in its tensile behaviour due to ag-

ing. The cause for such behaviour is attributed to secondary crystallization and the physical aging of the amorphous region in the biocomposites (Figure 6). However, when the PHB concentration at its minima led to the significant increase in tensile strength of 9 mg CNC-CA biocomposites after 30 days of processing. The similar trend was observed with other CNC concentration keeping PHB at its minimum (Figure 7). Nevertheless, the role of PHB cannot be ignored as it significantly enhances the tensile strength of naive CA composites upto 22.19 N/mm² (figure 8). There was significant increase in tensile strength all the biocomposites with least amount of PHB. Hence, comparing with all the results, 1 mg PHB with 9 mg CNC and CA was selected as the most suitable candidate for further composite preparation. The properties of cellulose composites were enhanced with incorporation of either CNC or PHB. However, minimum concentration of PHB as filler led to significant increase in tensile strength of biocomposites. The tensile properties of CA biocomposites were enhanced furthermore by the incorporation of both CNC and PHB. CNC provides crystallinity to the composites increasing its strength further.

Supercritical CO₂ Extraction of Bioactive Compounds from *Lagerstroemia speciosa*

There is a growing demand for healthy food products since more and more people are concerned about their health. Consequently, many researchers are searching for new, natural, and valuable bioactive compounds. It is crucial to produce such things with the minimal cost at the same time. Combining revolutionary plant biomass conversion technologies lowers the production costs while also allowing for the development of new value-added products and chemicals. *Lagerstroemia speciosa* (Banaba) is the source of key ingredient that shows antidiabetic property for which it receives great attention from ancient time. Researchers have evident its cholesterol reducing properties efficiently. Still the molecule has limit for its abundance in use may be due to its high production cost that is 43\$ behind every milligram. The high production cost is directly related to its extraction methods. It is also the consequence of the utilization of more energy and expensive organic solvents. To the best of our knowledge, no existing company is there except Sigma Aldrich which deals with pure Corosolic in India. The aim of this study was to evaluate the best extraction parameters for antidiabetic compound from *L. speciosa* considering its economic sustainability. The leaf of *L. speciosa* were collected from CIAB campus, grinded using mass collider and sieved through 200 μ m sieve to keep biomass of equal size during every extraction. The powder was then extracted using CO₂ supercritical fluid extractor. The extract was collected and then purified with column chromatography using Diaion HP 20. The presence of antidiabetic compound in the fraction was confirmed with help of HPLC. The results obtained on laboratory equipment may be applying for upscaling the processes to pilot plant and finally industrial levels. Consequently, the results of the



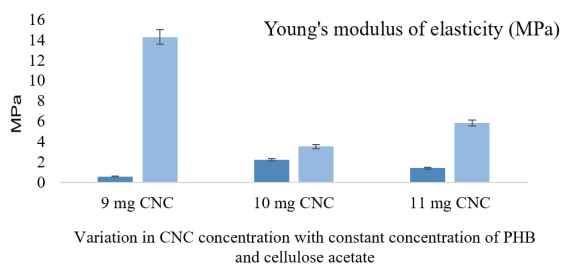


चित्र 6: सेल्यूलोज एसीटेट और सीएनसी के साथ विभिन्न एकाग्रता पर पीएचबी प्रबलित बायोकेंपोजिट्स की तन्य शक्ति का तुलनात्मक प्रतिनिधित्व।

तरीके: सीआईएबी परिसर, मोहाली, पंजाब से पौधों की पत्तियों का संग्रह और इसके पूर्व-उपचार लैंगरस्ट्रोमिया स्पेशियोसा पत्ते एकत्र किए गए थे। पत्तियों को नल के पानी से अच्छी तरह से धोया गया और 52 डिग्री सेल्सियस पर 48 घंटे के लिए एक द्रवयुक्त बेड ड्रायर (एसएम साईटेक, पायलट स्केल) में सुखाया गया। सूखे पत्तों को मास कोलाइडर (Masuko Japan, MKCA6-2J) का उपयोग करके बारीक पाउडर में पीस लिया गया। इसे आगे के उपयोग के लिए एयर टाइट जार में रखा गया था। सूखे पत्तों की नमी का विश्लेषण एसेल एमबी 200 नमी विश्लेषक का उपयोग करके किया गया था।

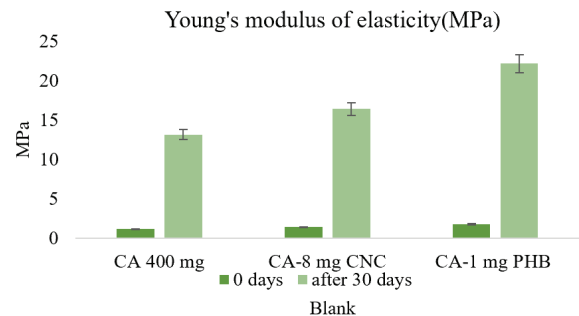
निष्कर्षण विधियाँ: पत्तियों से वाछित यौगिकों के निष्कर्षण के लिए, 4 अलग-अलग तकनीकों का उपयोग किया गया था, जैसे कि मैक्रेशन, सॉक्सलेट निष्कर्षण, अल्ट्रासोनिकेशन सहायक निष्कर्षण निष्कर्षण और सुपर क्रिटिकल द्रव निष्कर्षण। इन दोनों प्रक्रियाओं के लिए, विभिन्न सॉल्वेंट्स जैसे मेथनॉल, एसीटोन और इथेनॉल का उपयोग किया गया था और अलग-अलग तापमान और विलायक एकाग्रता पर उसी के लिए अनुकूलित किया गया था।

मैक्रेशन मेथनॉल विलायक के रूप में: 2 घंटे के लिए कमरे के तापमान पर जोरदार सरगर्मी के तहत 50 एमएल एक्सोल्यूट मेथनॉल में 5 ग्राम सूखे एल। स्पेशियोसा पाउडर को निकाला गया। फिल्टर पेपर (व्हाटमैन फिल्टर पेपर, एक्सिवा 11 माइक्रोन) के माध्यम से छानने के बाद ठोस चरण को हटा दिया गया था। IKA RV 10 रोटरी बाष्पीकरण का उपयोग करके कम दबाव में विलायक को वाष्पित किया गया था। कच्चे तेल का अर्क फिर अवशिष्ट नमी को हटाने के लिए फ्रीज-सूख जाता है, और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित होता है।



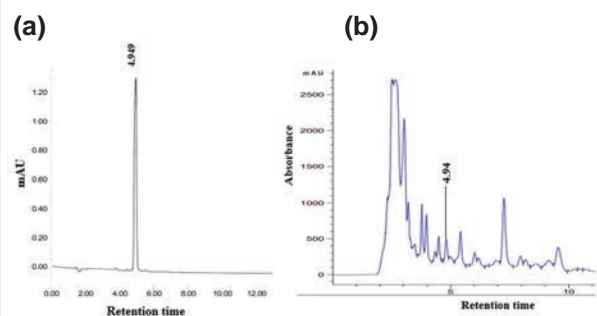
चित्र 7: सेल्यूलोज एसीटेट और पीएचबी के साथ निरंतर एकाग्रता रखते हुए पीएचबी प्रबलित बायोकेंपोजिट्स की तन्य शक्ति का तुलनात्मक प्रतिनिधित्व। सीएनसी की एकाग्रता विविध है।

एसीटोन विलायक के रूप में: 5 ग्राम सूखे एल। स्पेशियोसा पाउडर को 61% एसीटोन के 50 एमएल में 2 घंटे के लिए कमरे के तापमान पर जोरदार सरगर्मी के तहत निकाला गया था। फिल्टर पेपर (व्हाटमैन फिल्टर पेपर, एक्सिवा 11 माइक्रोन) के माध्यम से छानने के बाद ठोस चरण को हटा दिया गया था। IKA RV 10 रोटरी बाष्पीकरण का उपयोग करके कम दबाव में विलायक को वाष्पित किया गया था। कच्चे तेल का अर्क फिर अवशिष्ट नमी को हटाने के लिए फ्रीज-सूख जाता है, और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित होता है।



चित्र 8: केवल सीए कंपोजिट, सीए-पीएचबी और सीए-सीएनसी की तन्य शक्ति का तुलनात्मक प्रतिनिधित्व।

सॉल्वेंट-सॉल्वेंट एक्सट्रैक्शन: 50 एमएल मेथनॉल-एसीटोन (1:1, वी/वी) का उपयोग करके 15 घंटे के लिए कमरे के तापमान पर मिश्रण के साथ 5 ग्राम सूखे एल। स्पेशियोसा पाउडर निकाला गया। परिणामी समाधान को फिल्टर किया गया था, फिर अवशेषों को 25 एमएल एथिल एसीटेट के साथ परिवेश के तापमान पर 15 घंटे के लिए दो बार निकाला गया था। सतह पर तैरनेवाला संयुक्त था और विलायक को वैक्यूम आसवन द्वारा पुनर्प्राप्त किया गया था। शेष अवशेषों को आगे 6 एम एचसीएल के 10 एमएल के साथ 40 डिग्री सेल्सियस पर 2 घंटे के लिए पचाया गया और फिर NaOH समाधान के साथ बेअसर कर दिया गया। अंतिम समाधान एथिल एसीटेट के साथ तीन बार निकाला गया था और फिर कच्चे अर्क को प्राप्त करने के लिए 40 डिग्री सेल्सियस पर वैक्यूम के तहत केंद्रित किया गया था। सभी छानना वैक्यूम आसवन के तहत संयुक्त और वाष्पित हो गए थे। अवशिष्ट नमी को हटाने के लिए अर्क को फ्रीज में सुखाया गया और पाउडर को आगे के विश्लेषण के लिए 4 डिग्री सेल्सियस पर संग्रहीत किया गया।



चित्र 9: (a) कोरोसोलिक एसिड का पता लगाने के लिए एचपीएलसी विधि। (b) सुपरक्रिटिकल CO₂ अर्क में कोरोसोलिक एसिड का पता लगाना

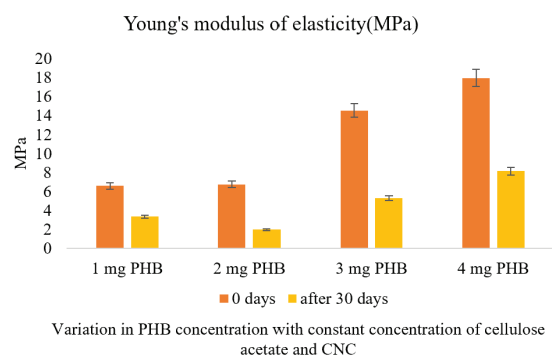


Figure 6. Comparative representation of tensile strength of PHB reinforced biocomposites at various concentration with cellulose acetate and CNC.

study may be considered as the first and important step for the commercialization of the developed biorefining schemes. Collection of plant leaves and its Pre-treatment: Lagerstroemia speciosa leaves were collected from CIAB campus, Mohali, Punjab. The leaves were thoroughly washed with tap water and dried in a fluidized bed dryer (SM Scientech, pilot scale) for 48 hours at 52 °C. The dried leaves were grinded into fine powder using a mass collider (Masuko Japan, MK-CA6-2J). It was stored in air tight jar for further use. The moisture content of the dried leaves was analysed using acez MB 200 moisture analyzer.

Extraction methods: For extraction of desired compounds from leaves, 4 different techniques were used namely maceration, Soxhlet extraction, Ultrasonication assisted extraction and super critical fluid extraction. For both these process, different solvents were used such as methanol, acetone, and ethanol and optimised for the same at different temperature and solvent concentration.

Maceration; Methanol as solvent: 5 gm of dried *L. speciosa* powder was extracted in 50 mL of absolute methanol under vigorous stirring at room temperature for 2 h. The solid phase was removed after filtration via filter paper (Whatman filter paper, Axiva 11 µm). The solvent was evaporated under reduced pressure using IKA RV 10 rotary evaporator. The crude extract then freeze-dried to remove residual moisture, and reserved in a container at 4 °C until analysis.

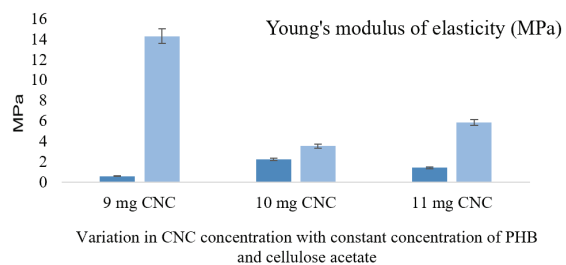


Figure 7. (a) Comparative representation of tensile strength of PHB reinforced biocomposites keeping constant concentration with cellulose acetate and PHB. The concentration of CNC is varied.

Acetone as solvent: 5 gm of dried *L. speciosa* powder was extracted in 50 mL of 61% acetone under vigorous stirring at room temperature for 2 h. The solid phase was removed after filtration via filter paper (Whatman filter paper, Axiva 11 µm). The solvent was evaporated under reduced pressure using IKA RV 10 rotary evaporator. The crude extract then freeze-dried to remove residual moisture, and reserved in a container at 4 °C until analysis.

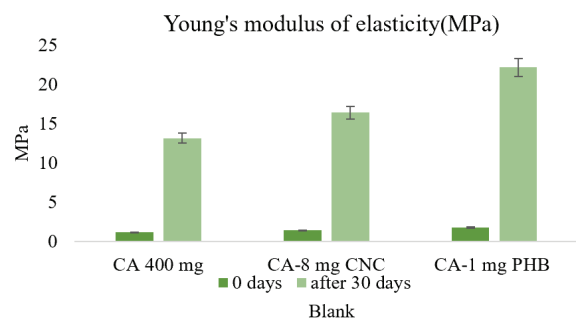


Figure 8. Comparative representation of tensile strength of only CA composites, CA-PHB and CA-CNC.

Solvent-solvent extraction: 5 gm of dried *L. speciosa* powder was extracted using 50 mL methanol-acetone (1:1, v/v) with stirring at room temperature for 15 h. The resulting solution was filtered then the residues were extracted twice with 25 mL ethyl acetate at ambient temperature for 15 h. The supernatant was combined and the solvent was recovered by vacuum distillation. The remaining residues were further digested with 10 mL of 6 M HCl at 40 °C for 2 h then neutralized with NaOH solution. The final solution was extracted three times with ethyl acetate then concentrated under vacuum at 40 °C to yield the crude extracts. All the filtrate were combined and evaporated under vacuum distillation. The extract was freeze dried to remove residual moisture and powder was stored at 4 °C for further analysis.

Soxhlet extraction: Methanol as solvent Extraction in a Soxhlet apparatus (Glassco, 500 mL) was performed using meth-

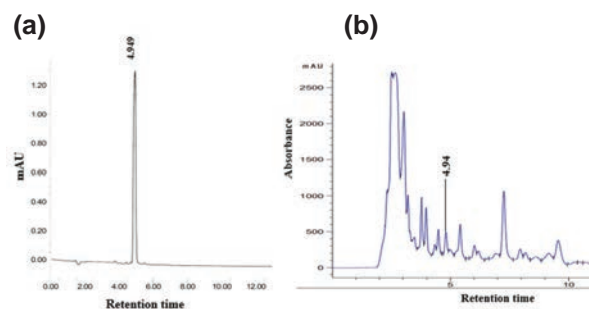
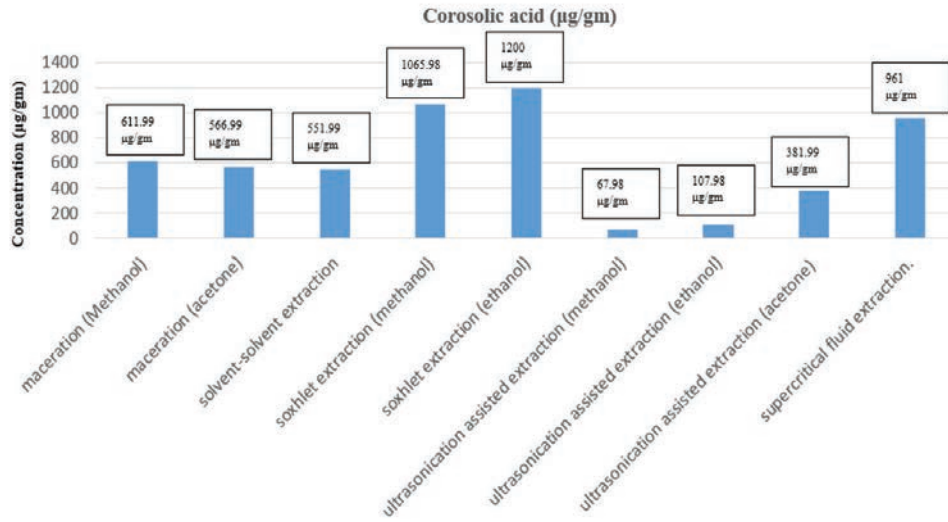


Figure 9. (a) Development of HPLC for the detection of Corosolic acid (b) Detection of corosolic acid in Supercritical CO₂ extract.



चित्र 10: कोरोसोलिक एसिड उत्पादन पर विभिन्न सॉल्वेंट्स का प्रभाव

Soxhlet निष्कर्षण: एक Soxhlet तंत्र (ग्लासस्को, 500 एमएल) में विलायक निष्कर्षण के रूप में मेथनॉल-पानी (80% वी / वी) और 50 ग्राम एल। स्पेशियोसा सूखे पाउडर का उपयोग करके किया गया था। निष्कर्षण 78 डिग्री सेल्सियस पर 6 घंटे के लिए किया गया था। निष्कर्षण के पूरा होने के बाद व्हाटमैन फिल्टर पेपर (एक्सिवा, 11 माइक्रोन) के माध्यम से अर्क को फिल्टर किया गया था और वैक्यूम डिस्टिलेशन द्वारा विलायक को पुनर्प्राप्त किया गया था। अवशिष्ट नमी को हटाने के लिए अर्क को फ्रीज में सुखाया गया और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित किया गया।

इथेनॉल निष्कर्षण: एक Soxhlet तंत्र (ग्लासस्को, 500 एमएल) में निष्कर्षण इथेनॉल-पानी (80% वी / वी) और 50 ग्राम एल। स्पेशियोसा सूखे पाउडर का उपयोग करके किया गया था। निष्कर्षण 78 डिग्री सेल्सियस पर 6 घंटे के लिए किया गया था। निष्कर्षण के पूरा होने के बाद व्हाटमैन फिल्टर पेपर (एक्सिवा, 11 माइक्रोन) के माध्यम से अर्क को फिल्टर किया गया था और वैक्यूम डिस्टिलेशन द्वारा विलायक को पुनर्प्राप्त किया गया था। अवशिष्ट नमी को हटाने के लिए अर्क को फ्रीज में सुखाया गया और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित किया गया।
अल्ट्रासोनिकेशन असिस्टेड एक्सट्रैक्शन एक्सट्रैक्शन: मेथनॉल निष्कर्षण: सूखे लेगरस्ट्रोमिया स्पेशियोसा (5 ग्राम) के पत्तों को 50 एमएल मेथनॉल के साथ अल्ट्रासोनिकेशन (40kHz) के तहत 30 मिनट के साथ 3 बार निकाला गया। हर बार के लिए। मेथनॉल के अर्क को मिलाकर ठंडा करने के बाद छान लिया जाता है। मेथनॉल को कम दबाव में वाष्पित किया गया, फ्रीज-सूखे, और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित किया गया।

इथेनॉल निष्कर्षण: सूखे लेगरस्ट्रोमिया स्पेशियोसा (5 ग्राम) के पत्तों को 30 मिनट के साथ 3 बार अल्ट्रासोनिकेशन (40kHz) के तहत 50 एमएल इथेनॉल के साथ निकाला गया था। हर बार के लिए। मेथनॉल के अर्क को मिलाकर ठंडा करने के बाद छान लिया जाता है। मेथनॉल को कम दबाव में वाष्पित किया गया, फ्रीज-सूखे, और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित किया गया।

एसीटोन निष्कर्षण: सूखे लेगरस्ट्रोमिया स्पेशियोसा (5 ग्राम) के पत्तों को 61% एसीटोन के 50 एमएल के साथ अल्ट्रासोनिकेशन (40kHz) के तहत 30 मिनट के साथ 3 बार निकाला गया। हर बार के लिए। मेथनॉल के अर्क को मिलाकर ठंडा करने के बाद छान लिया जाता है। मेथनॉल को कम दबाव में वाष्पित किया गया, फ्रीज-सूखे, और विश्लेषण तक 4 डिग्री सेल्सियस पर एक कंटेनर में आरक्षित किया गया।

सुपरक्रिटिकल द्रव निष्कर्षण: एसएफई निष्कर्षण प्रयोग एक एसएफई प्रणाली

(एसएफई-हेलिक्स, एलेनटाउन, यूएसए) का उपयोग करके किया गया था जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। इस निष्कर्षण विधि में, एक साइफन ट्यूब के माध्यम से एक CO2 सिलेंडर से तरल CO2 की आपूर्ति की गई और फिर एक दोहरे पिस्टन पंप के माध्यम से सिस्टम में पेश किया गया। पंप को 69 एमपीए तक के दबाव के लिए डिजाइन और संचालित किया गया था। इस प्रणाली में सुपरक्रिटिकल CO2 निष्कर्षण के लिए एक निष्कर्षण पोत को समायोजित किया गया था। जहाजों के चारों ओर एक प्रीहीटर और एक हीटिंग जैकेट के माध्यम से द्रव को उसकी सुपरक्रिटिकल स्थिति में गर्म किया गया था। प्रवाह दर को नियंत्रित करने के लिए एक मजबूत चर अवरोधक वाल्व का उपयोग किया गया था। नमूना प्लगिंग को रोकने के लिए, प्रतिबंधक को विद्युत रूप से गर्म किया गया था। सिस्टम में एक कार्बनिक संशोधक को जोड़ने के लिए एक दूसरे पंप का उपयोग किया गया था।

एचपीएलसी विश्लेषण: एचपीएलसी विश्लेषणात्मक पद्धति एगिलेंट सिस्टम 1100 एचपीएलसी सिस्टम (एगिलेंट टेक्नोलॉजीज, पालो ऑल्टो, सीए, यूएसए) पर की गई थी। 10 µl का एक नमूना एक Agilent Zorbax XDB कॉलम (250 मिमी x 4.6 मिमी, कण आकार 5 µm) में इंजेक्ट किया गया था जो C18-प्रकार के गार्ड कॉलम (Phenomenex, Torrance, CA, USA) के साथ युग्मित है। प्रवाह दर 1 एमएल / मिनट पर सेट की गई थी। मोबाइल चरण में एसीटोनिट्राइल और मेथनॉल (80:20, वी/वी) शामिल थे।

प्रमुख उपलब्धियां

- एचपीएलसी में कोरोसोलिक एसिड के पृथक्करण के लिए अवधारण समय और उपयुक्त मोबाइल चरण का सफलतापूर्वक पता लगाया गया है (चित्र 9)
- एथेनॉल का कोरोसोलिक एसिड (1200 माइक्रोग्राम/ग्राम) के निष्कर्षण पर उच्च प्रभाव पड़ता है।
- समग्र पादप संघटक के निष्कर्षण पर इथेनॉल का उच्च प्रभाव है। Soxhlet इथेनॉल निष्कर्षण में कुल 36 घंटों का पता चला था।

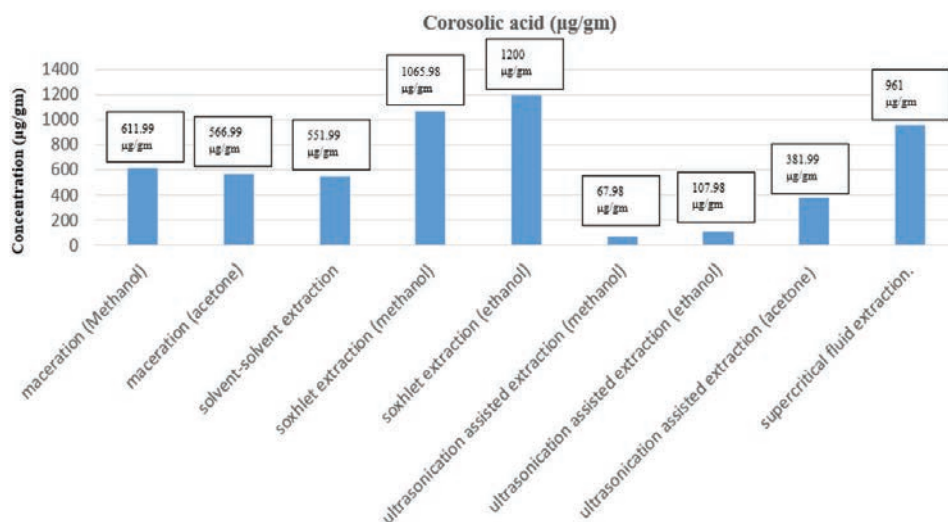


Figure 10. Comparison of effect of differential extraction methods on corosolic acid yield.

anol-water (80% v/v) and 50 g of *L. speciosa* dried powder. The extraction was performed at 78°C for 6 h. After completion of extraction the extract was filtered through Whatman filter paper (Axiva, 11 µm) and solvent was recovered by vacuum distillation. The extract was freeze dried to remove residual moisture and reserved in a container at 4 °C until analysis.

Ethanol as solvent: Extraction in a Soxhlet apparatus (Glassco, 500 mL) was performed using ethanol-water (80% v/v) and 50 g of *L. speciosa* dried powder. The extraction was performed at 78°C for 6 h. After completion of extraction the extract was filtered through Whatman filter paper (Axiva, 11 µm) and solvent was recovered by vacuum distillation. The extract was freeze dried to remove residual moisture and reserved in a container at 4 °C until analysis.

Ultrasonication assisted extraction extraction; Methanol as solvent: The dried *Lagerstroemia speciosa* (5 gm) leaves were extracted with 50 mL of methanol under ultrasonication (40kHz) for 3 times with 30 min. for each time. The methanol extract was combined and filtered after cooling. The methanol was evaporated under reduced pressure, freeze-dried, and reserved in a container at 4 °C until analysis.

Ethanol as solvent: The dried *Lagerstroemia speciosa* (5 gm) leaves were extracted with 50 mL of ethanol under ultrasonication (40kHz) for 3 times with 30 min. for each time. The methanol extract was combined and filtered after cooling. The methanol was evaporated under reduced pressure, freeze-dried, and reserved in a container at 4 °C until analysis. **Acetone as solvent:** The dried *Lagerstroemia speciosa* (5 gm) leaves were extracted with 50 mL of 61% acetone under ultrasonication (40kHz) for 3 times with 30 min. for each time. The methanol extract was combined and filtered after cooling. The methanol was evaporated under reduced pressure, freeze-dried, and reserved in a container at 4 °C until analysis. **Supercritical fluid extraction:** The SFE extraction experiments were carried out using a SFE system (SFE-Helix, Allentown, USA) as schematically shown in Fig.2. In this extraction method, liquid CO₂ was supplied from a CO₂ cylinder through a siphon tube and then introduced into the system through a dual piston pump. The pump was designed and operated for pressures up to 69 MPa. This system accommodated an extraction vessel for supercritical CO₂ extraction. The fluid was heated to its supercritical status through a preheater and a heating jacket around the vessels. A robust variable restrictor

valve was used to control the flow rate. In order to prevent sample plugging, the restrictor was warmed electrically. A second pump was used for the addition of an organic modifier into the system.

HPLC Analysis: HPLC analytical method was carried out on Agilent system 1100 HPLC system (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). A sample of 10 µL was injected into an Agilent Zorbax XDB column (250 mm x 4.6 mm, particle size 5 µm) coupled with a C18-type guard column (Phenomenex, Torrance, CA, USA). The flow rate was set to 1 mL/min. Mobile phase consisted of acetonitrile and methanol (80:20, v/v).

Salient Achievements

- ◆ Retention time and suitable mobile phase for the separation of corosolic acid in HPLC have been detected successfully.
- ◆ Ethanol has high influence on the extraction of corosolic acid (1200 µg/gm).
- ◆ Ethanol has high influence on the extraction of overall phytoconstituent.
- ◆ A total of 36 components have been detected in Soxhlet ethanol extraction.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ. शुनमगवेल सरवनमुरुगन

वैज्ञानिक-एफ

रिसर्च फेल्लो
साहिल कुमार, हादी अली,
प्रियंका पाल, कनिका सैनी,
राहुल गौतम, नीरज शर्मा

विशेषज्ञता

बायोमास रूपांतरण, विषम उत्प्रेरण, झरझरा सामग्री/धातु आक्साइड का संश्लेषण

प्रचुर मात्रा में उपलब्ध स्थलीय लिगोसेल्यूलोसिक बायोमास (एलसीबी) ऊर्जा के मामले में समाज की जरूरतों को पूरा करने के लिए जीवाश्म ईंधन के संभावित विकल्प को इंगित करता है। LCB के प्रमुख अंशों में, लिग्निन उच्च C/O सामग्री के साथ एक जटिल एरोमेटिक हेटरोपोलिमर है। वर्तमान में, पल्प और कागज उद्योग से उत्पादित लिग्निन का कम मूल्य वाले ईंधन स्रोत के रूप में उपयोग नहीं किया जाता है। लिग्निन का जैव-तेल में पायरोलिसिस एक आशाजनक दृष्टिकोण है और एक अच्छा ईंधन स्रोत प्रदर्शित करता है। हालांकि, -OCH₃ और -OH समूहों के रूप में उच्च ऑक्सीजन सामग्री संक्षारक व्यवहार को उत्तेजित करती है और भंडारण स्थिरता को कम करती है, इस प्रकार तेल परिवहन की क्षमता को सीमित करती है। इन मुद्दों को दूर करने के लिए, एरोमेटिक यौगिकों में ऑक्सीजन सामग्री को कुशलतापूर्वक सुविधाजनक बनाने के लिए हाइड्रोजनीकरण (एचडीओ) को नियोजित किया जा सकता है। पहले बताई गई उत्प्रेरक प्रणालियाँ महत्वपूर्ण चुनौतियों का सामना करती हैं, जैसे कि बड़ी मात्रा में Ni-नियोजित, हाइड्रोजनीकरण उत्पादों के प्रति चयनात्मकता और अपर्याप्त ऑक्सोफिलिक साइट होना। इसलिए, वर्तमान कार्य Ni-नियोजित (आमतौर पर 3wt%) मिश्रित धातु ऑक्साइड का संश्लेषण करता है

जो ऑक्सोफिलिक साइट को बढ़ाने के लिए ZrO₂ नेटवर्क में Ti या Nb को शामिल करता है और एक निरंतर-प्रवाह रिएक्टर में एनीसोल HDO की ओर उनकी उत्प्रेरक गतिविधि बताता है। Ni/NbZr और Ni/TiZr उत्प्रेरकों की ऑक्सोफिलिक साइट की जांच XPS, O₂-Pulse केमिसोर्प्शन और XRD जैसी तकनीकों का उपयोग करके तदनुसार चर्चा की गई है। यह काम कैटेलिसिस कम्युनिकेशंस (कैटाल कम्यून 164 (2022) 106436) की पत्रिका में पहले ही प्रकाशित हो चुका है।

मॉडल कंपाउंड के रूप में एनीसोल का हाइड्रोजनीकरण (HDO): बायो-ऑयल उन्नयन की ओर एक कदम:

उत्प्रेरक संश्लेषण और लक्षण वर्णन और उत्प्रेरक परीक्षण: मिश्रित ऑक्साइड सपोर्ट (Ni/TiZr₁, Ni/TiZr₄, Ni/Nb₁Zr₁ और Ni/Nb₁Zr₄) पर Ni-नियोजित (3wt%) तैयार किया गया। तैयार सामग्री की उत्प्रेरक गतिविधि का परीक्षण उच्च-श्रुपट कैनेटीक्स स्क्रीनिंग सेटअप (एचटीके-एस) में किया गया था। तैयार किए गए Ni-आधारित मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरकों को विभिन्न तकनीकों, एक्स-रे विवर्तन (XRD), N₂-सोरशन, अमोनिया-तापमान क्रमादेशित विशोषण (NH₃-TPD),

तालिका 1: भौतिक रासायनिक गुण Ni-आधारित मिश्रित धातु ऑक्साइड उत्प्रेरक।

Entry	Catalysts	d-spacing (Å) ^(a)	Lattice parameters (Å)		Specific area (m ² /g)	Pore volume (cm ³ /g)	Pore size (nm)	Acid sites (μmol/g)
			a	c				
1	Ni/ZrO ₂	2.9570	3.5829	5.2364	NA	NA	NA	NA
2	Ni/Ti ₁ Zr ₄	2.9474	3.5725	5.2158	13	0.049	15	22.18
3	Ni/Ti ₁ Zr ₁	2.9436	3.5686	5.2069	12.4	0.045	14.5	19.07
4	Ni/Nb ₁ Zr ₄	2.9531	3.5789	5.2276	18.9	0.063	13.4	38.53
5	Ni/Nb ₁ Zr ₁	2.9512	3.5746	5.2260	19.8	0.057	11.6	33.54

(a) $2d \sin \theta = n\lambda$

BIOPRODUCT CHEMISTRY



Dr. Shunmugavel Saravanamurugan
Scientist-F

Research Fellows

Sahil Kumar
Hadi Ali
Priyanka Pal
Kanika Saini
Rahul Gautam
Neeraj Sharma

Expertise: Biomass conversion, heterogeneous catalysis, synthesis of porous materials/metal oxides.

The terrestrial lignocellulosic biomass (LCB) available in plenty indicates its potential substitute for fossil fuels for fulfilling society's needs in terms of energy. Among LCB's major fractions, lignin is a complex aromatic heteropolymer with high C/O content. Currently, lignin produced from the pulp and paper industry remains underutilized as a low-value fuel source. The pyrolysis of lignin to bio-oil is a promising approach and exhibits a good fuel source. However, the high oxygen content in the form of -OCH₃ and -OH groups provoke corrosive behaviour and reduce storage stability, thus limiting the potential of oil transportation. To overcome these issues, hydrodeoxygenation (HDO) can be employed to facilitate the oxygen content in aromatic compounds efficiently. The previously reported catalytic systems encounter significant challenges, such as a large amount of Ni employed, the selectivity towards hydrogenation products and inadequate oxophilic sites. Hence, the current work reports the synthesis of Ni-doped (typically 3wt%) mixed metal oxide supports by

incorporating Ti or Nb into the ZrO₂ network to enhance oxygen vacancy sites and their catalytic activity towards anisole HDO in a continuous-flow reactor. The oxygen vacancy sites of the Ni/NbZr and Ni/TiZr catalysts are examined using techniques such as XPS, O₂-pulse chemisorption and XRD and discussed accordingly. This work has already been published in the journal of Catalysis Communications (Catal. Commun. 164 (2022) 106436).

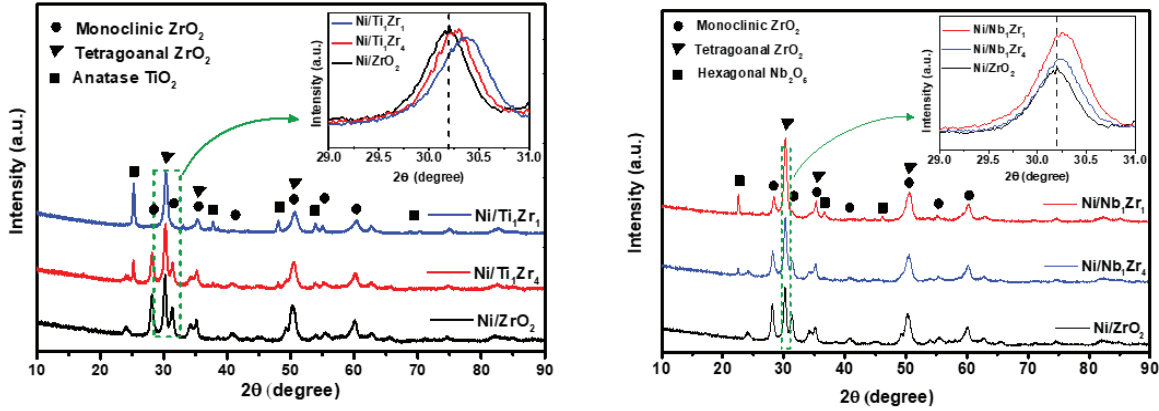
Hydrodeoxygenation of Anisole as Model Compound: A Step Towards Bio-oil Upgradation

Catalyst preparation and characterization and catalytic testing: Ni (3wt%) loaded on mixed oxide supports (Ni/Ti₁Zr₁, Ni/Ti₁Zr₄, Ni/Nb₁Zr₁ and Ni/Nb₁Zr₄) was prepared. The catalytic activity of the prepared materials was tested in a high-throughput kinetics screening setup (HTK-S). The prepared Ni-based mixed oxide catalysts were characterized with various techniques, X-ray diffraction (XRD), N₂-sorption,

Table 1. Physiochemical properties Ni-based mixed metal oxide catalysts.

Entry	Catalysts	d-spacing (Å) ^(a)	Lattice parameters (Å)		Specific area (m ² /g)	Pore volume (cm ³ /g)	Pore size (nm)	Acid sites (μmol/g)
			a	c				
1	Ni/ZrO ₂	2.9570	3.5829	5.2364	NA	NA	NA	NA
2	Ni/Ti ₁ Zr ₄	2.9474	3.5725	5.2158	13	0.049	15	22.18
3	Ni/Ti ₁ Zr ₁	2.9436	3.5686	5.2069	12.4	0.045	14.5	19.07
4	Ni/Nb ₁ Zr ₄	2.9531	3.5789	5.2276	18.9	0.063	13.4	38.53
5	Ni/Nb ₁ Zr ₁	2.9512	3.5746	5.2260	19.8	0.057	11.6	33.54

(a) $2d\sin\theta = n\lambda$

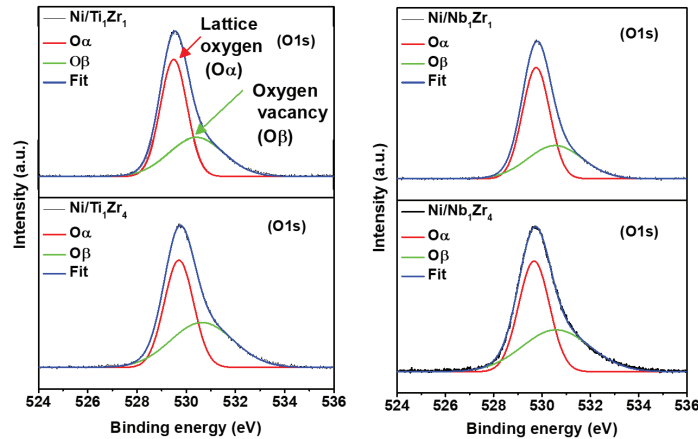


चित्र 1: Ni-आधारित TiZr और NbZr मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक के XRD पैटर्न

एक्स-रे फोटोइलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी (XPS), O₂-Pulse केमिसोर्प्शन, एचआर-टीईएम और ईडीएस, तापमान-क्रमादेशित ऑक्सीकरण (TPO) और मौलिक विश्लेषण (CHNOS) के साथ चित्रित किया गया।

उत्प्रेरक लक्षण वर्णन: मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक की सतह क्षेत्र, छिद्र आकार और ताकना मात्रा तालिका 1 में प्रस्तुत की गई है। Ni/TiZr उत्प्रेरकों ने संबंधित Ni/NbZr उत्प्रेरक की तुलना में थोड़ा कम विशिष्ट सतह क्षेत्र और छिद्र मात्रा दिखाया, जबकि ताकना आकार पूर्व बाद वाले की तुलना में बड़ा था। Ni/Ti1Zr1 और Ni/Nb1Zr1 उत्प्रेरकों की तुलना में Ni/Ti1Zr4 और Ni/Nb1Zr4 में एसिड साइटों की कुल संख्या थोड़ी अधिक थी, जो ZrO₂ से एसिड साइटों के योगदान को दर्शाता है। ZrO₂ का मोनोक्लिनिक और टेट्रागोनल चरण और TiO₂-anatase या Nb₂O₅-हेक्सागोनल चरण का एक अंश Ni/Ti1Zr4 और Ni/Nb1Zr4 (चित्र 1) में दिखाई दिया। मोनोक्लिनिक से टेट्रागोनल में ZrO₂ का एक चरण परिवर्तन और TiO₂-anatase और Nb₂O₅-हेक्सागोनल चोटियों के लिए बढ़ी हुई तीव्रता को Ni/Nb1Zr1 और Ni/Ti1Zr1 में TiO₂ और Nb₂O₅ की सांद्रता के रूप में देखा गया। इसके अलावा, ZrO₂ के टेट्रागोनल अनुरूप शिखर का एक मामूली

बदलाव 30.20 से 30.34 (Ni/TiZr) या 30.26 (Ni/NbZr) तक देखा गया, जो ZrO₂ मैट्रिक्स में Ti और Nb के शामिल होने के कारण, के गठन की पुष्टि करता है। Ti_{1-x}Zr_xO₂ और Nb_{1-x}Zr_xO₂ समाधान जाली मापदंडों (तालिका 1) में परिवर्तन के अनुरूप हैं। एक छोटे आयनिक त्रिज्या, Ti⁴⁺ (0.64Å) या Nb⁵⁺ (0.7Å) वाले परमाणु को ZrO₂ (Zr⁴⁺ की आयनिक त्रिज्या: 0.84) में शामिल करने के कारण ZrO₂ के लेटिस मापदंडों में थोड़ी कमी का जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। इसके अलावा, NiO से संबंधित कोई चोटी नहीं देखी गई, जो या तो उच्च फैलाव या पता लगाने की सीमा से नीचे की मात्रा का सुझाव देती है। HR-TEM-EDS मौलिक मानचित्रण छवियों ने प्रदर्शित किया कि Ni/Ti1Zr4 और Ni/Nb1Zr4 में Ni/Ti1Zr1 और Ni/Nb1Zr1 की तुलना में Ni का अधिक समान वितरण था, जो क्रमशः घने TiO₂ और Nb₂O₅ कण दिखाते थे। इसके अलावा, Ni/Ti1Zr4 और Ni/Nb1Zr4 की तात्विक मानचित्रण छवियों से पता चला है कि Ti या Nb और Zr मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरकों में सजातीय रूप से वितरित हैं। मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक के Ni2p_{3/2} के XPS स्पेक्ट्रा ने 855.35 eV पर एक प्रमुख शिखर दिखाया, जिसे सतह पर Ni²⁺ के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। हालांकि, Ni/Nb1Zr4 के मामले में, प्रमुख शिखर थोड़ा उच्च बैंडिंग ऊर्जा की ओर



चित्र 2: Ni-आधारित TiZr (बाएं) और NbZr (दाएं) मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक के O1s का XPS स्पेक्ट्रा।

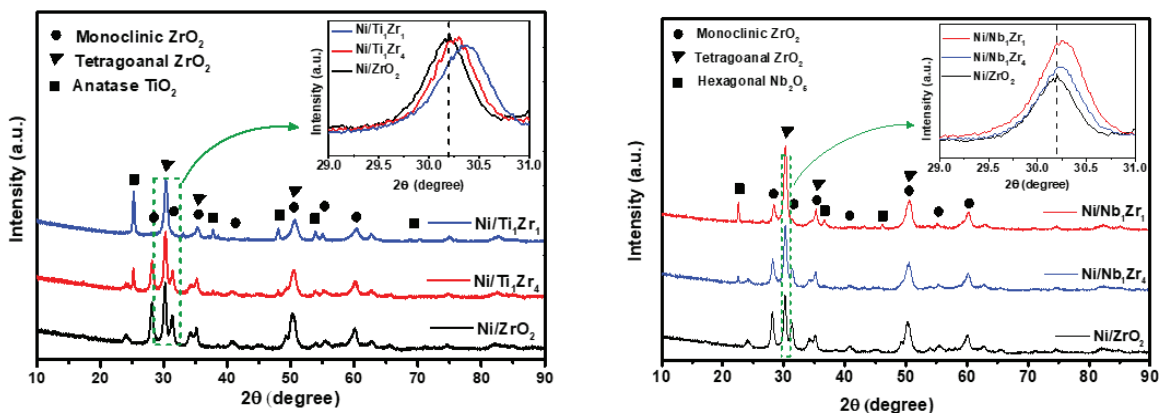


Figure 1. XRD patterns of Ni-based TiZr and NbZr mixed oxide catalysts.

ammonia-temperature programmed desorption (NH₃-TPD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), O₂-pulse chemisorption, HR-TEM and EDS, temperature-programmed oxidation (TPO) and elemental analysis (CHNSO).

Catalyst characterization: The surface area, pore size and pore volume of the mixed oxide catalysts are presented in Table 1. Ni/TiZr catalysts showed a slightly lower specific surface area and pore volume than the corresponding Ni/NbZr catalysts, while the pore size of the former was larger than that of the latter. The total number of acid sites was slightly higher in Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ than Ni/Ti₁Zr₁ and Ni/Nb₁Zr₁ catalysts, indicating the contribution of acid sites from ZrO₂. The monoclinic and tetragonal phase of ZrO₂ and a fraction of TiO₂-anatase or Nb₂O₅-hexagonal phase appeared in the case of Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ (Figure 1). A phase transformation of ZrO₂ from monoclinic to tetragonal and an increased intensity ascribed to TiO₂-anatase and

Nb₂O₅-hexagonal peaks were observed as the concentration of TiO₂ and Nb₂O₅ increased in Ni/Nb₁Zr₁ and Ni/Ti₁Zr₁. Further, a slight shift of the peak corresponding to the tetragonal plane of ZrO₂ was observed from 30.20 to 30.34 (Ni/TiZr) or 30.26 (Ni/NbZr) due to the incorporation of Ti and Nb into the ZrO₂ matrix, substantiating the formation of Ti_{1-x}Zr_xO₂ and Nb_{1-x}Zr_xO₂ solutions as in line with the changes in the lattice parameters (Table 1).

A slight decrease in lattice parameters can be attributed to the contraction of the ZrO₂ (ionic radius of Zr⁴⁺: 0.84 Å) lattice due to incorporating an atom with a smaller ionic radius, Ti⁴⁺ (0.64 Å) or Nb⁵⁺ (0.7 Å). Moreover, no peak related to NiO was observed, suggesting either a high dispersion or a quantity below the detection limit. The HRTEM-EDS elemental mapping images displayed that Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ had a more uniform distribution of Ni than Ni/Ti₁Zr₁ and Ni/Nb₁Zr₁, which showed dense TiO₂ and Nb₂O₅ particles, respectively. In addition, elemental mapping images of

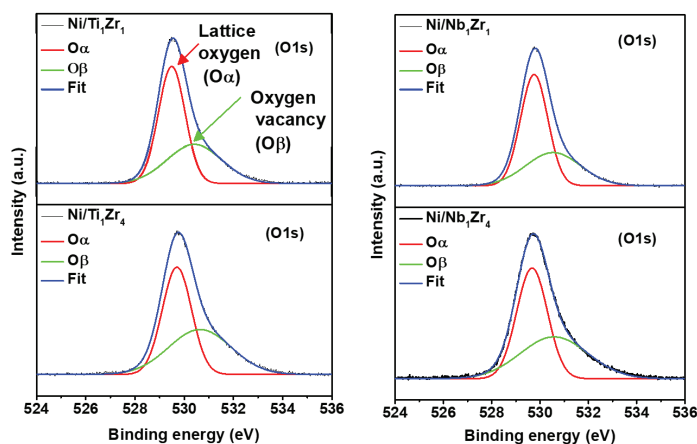


Figure 2. The XPS spectra of O1s of Ni-based TiZr (left) and NbZr (right) mixed oxide catalysts.

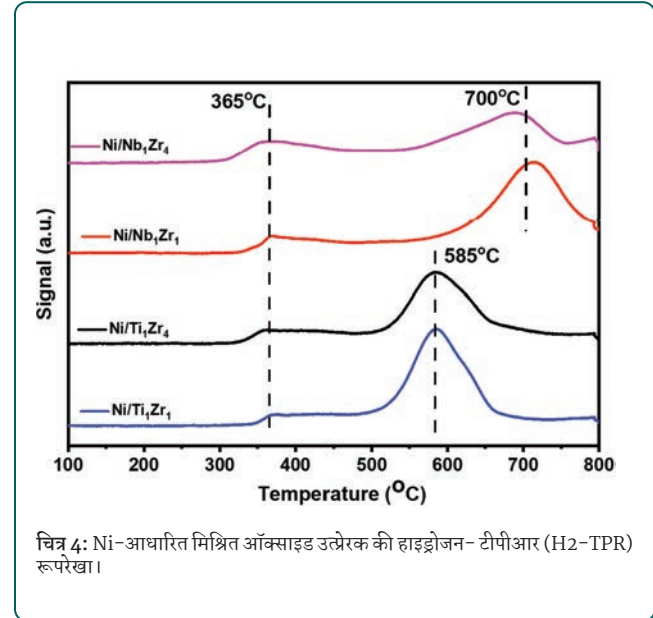
तालिका 2: मिश्रित धातु ऑक्साइड उत्प्रेरक के ओएससी(OSC) और ऑक्सीजन रिक्ति स्थल।

Catalysts	OSC (mmol/g)	O _p /O _{α+β}
Ni/Ti ₁ Zr ₁	0.029	0.407
Ni/Ti ₁ Zr ₄	0.100	0.471
Ni/Nb ₁ Zr ₁	0.045	0.375
Ni/Nb ₁ Zr ₄	0.087	0.453

स्थानांतरित हो गया, जिसका श्रेय मजबूत धातु-समर्थन इंटरैक्शन को दिया जाता है। 861.7 eV पर एक उपग्रह शिखर भी देखा गया। ZrO₂ के Zr3d से संबंधित एक स्पिन-ऑर्बिट डबल शिखर 181.8 और 184.2 eV पर देखा गया था, जो दर्शाता है कि ज़िरकोनियम Zr₄₊ अवस्था में है (दिखाया नहीं गया)। इसी तरह, TiO₂ के Ti2p और Nb₂O₅ के Nb3d के अनुरूप एक दोहरा शिखर क्रमशः 458.2 और 463.9 और 206.8 और 209.5 eV पर देखा गया। इसके अलावा, यह ध्यान दिया जा सकता है कि Ti₄₊ और Nb₅₊ दोनों की बैंडिंग ऊर्जा क्रमशः 458.07 से 457.82 eV (Ni/Ti₁Zr₄) और 206.74 से 206.56 eV (Ni/Nb₁Zr₄) तक कम बैंडिंग ऊर्जा में स्थानांतरित हो गई, जो एक इलेक्ट्रॉन के हस्तांतरण को प्रकट करती है। ZrO₂ से Nb₂O₅ और TiO₂ तक, जिसके परिणामस्वरूप Ti-O-Zr या Nb-O-Zr नेटवर्क का निर्माण होता है। इस रीडक्शन प्रक्रिया ने Ti₄₊ और Nb₅₊ की आंशिक रीडक्शन के द्वारा ऑक्सीजन रिक्त स्थानों का सृजन सुनिश्चित किया, जिससे क्रमशः कम बैंडिंग ऊर्जा (458.07 से 457.82 eV) और (206.74 से 206.56 eV) की ओर थोड़ा बदलाव हुआ।

चित्र 2 मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक के O1s शिखर के स्पेक्ट्रा को प्रदर्शित करता है, और विघटन के बाद, दो प्रमुख चोटियों को क्रमशः 529.6 और 530.7 eV पर देखा गया, जिसका श्रेय क्रमशः जालक ऑक्सीजन (O_α) और ऑक्सीजन रिक्ति या अवशोषित ऑक्सीजन (O_β) को दिया जाता है। महत्वपूर्ण बात यह है कि Ni/Ti₁Zr₄ और Ni/Nb₁Zr₄ में Ni/Ti₁Zr₁ और Ni/Nb₁Zr₁ (तालिका 2) की तुलना में ऑक्सीजन रिक्ति सांद्रता (O_β/O_α+O_β) काफी अधिक थी, क्योंकि XPS शिखर फिटिंग पर अनिश्चितता परिमाण का क्रम माप मूल्यों के बीच के अंतर से छोटा है। आगे की पुष्टि करने के लिए, ऑक्सीजन प्लस रसायन विज्ञान विश्लेषण (तालिका 2) द्वारा ओएससी (OSC) के संदर्भ में ऑक्सीजन रिक्ति साइटों की मात्रा की पुष्टि की गई थी। प्लस रसायनिक अधिशोषण द्वारा निर्धारित ऑक्सीजन भंडारण क्षमता एक्सपीएस (XPS) विश्लेषण द्वारा निर्धारित ऑक्सीजन रिक्ति से संबंधित है, जैसा कि पिछले अध्ययनों में देखा गया है। Ni/Ti₁Zr₄ और Ni/Nb₁Zr₄ में क्रमशः Ni/Ti₁Zr₁ और Ni/Nb₁Zr₁ की तुलना में काफी अधिक ओएससी (OSC) था, जो

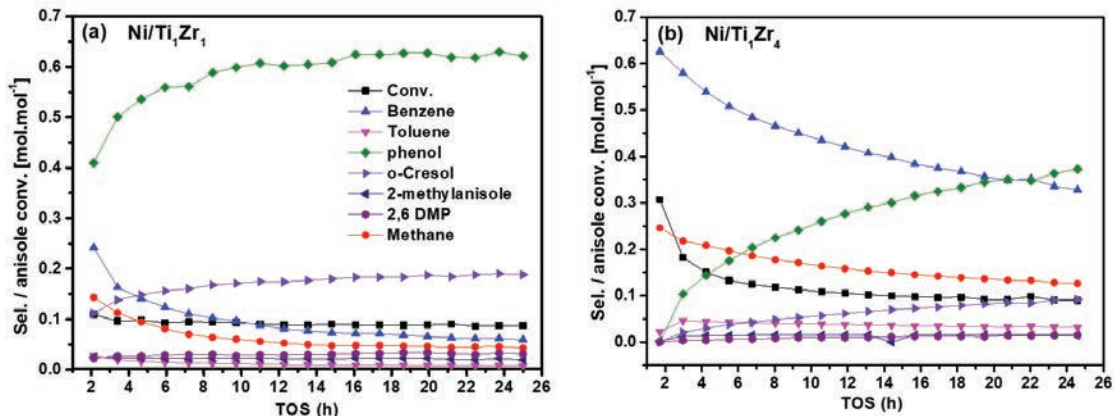
XPS परिणामों (चित्र 2) के अनुरूप ऑक्सीजन रिक्तियों की वृद्धि को दर्शाता है। Ni/Ti₁Zr₁ की हाइड्रोजन- टीपीआर (H₂-TPR) रूपरेखा ने NiO (चित्र 3) के अनुरूप 357 डिग्री सेल्सियस पर एक कम-तीव्रता वाली चोटी दिखाई है। Ni/Ti₁Zr₄ के स्थिति में हाइड्रोजन खपत में मामूली वृद्धि के साथ यह शिखर थोड़ा कम तापमान पर स्थानांतरित हो गया, जो निम्न-तापमान-कम करने योग्य NiO_x प्रजातियों की वृद्धि को दर्शाता है। इसी तरह, Ni / NbZr उत्प्रेरक में एक समान



चित्र 4: Ni-आधारित मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक की हाइड्रोजन- टीपीआर (H₂-TPR) रूपरेखा।

बदलाव देखा गया, जो आगे यह पुष्टि करते हैं कि ZrO₂ सामग्री को बढ़ाने से आसानी से कम करने योग्य प्रजातियों के गठन की सुविधा हुई है। इसके अलावा, Ni/TiZr और Ni/NbZr उत्प्रेरकों के लिए लगभग 585 और 700 डिग्री सेल्सियस पर एक अधिक स्पष्ट शिखर देखा गया था, जो कि NiO_x के अनुरूप दृढ़ता से समर्थन के साथ बातचीत करता है।

उत्प्रेरक गतिविधि: मिश्रित धातु ऑक्साइड उत्प्रेरक की उत्प्रेरक गतिविधि की जांच एचटीके-एस (चित्र 4) में ऐनीसोल एचडीओ के माध्यम से की गई थी। Ni/Ti₁Zr₁ ने अपने ऐनीसोल रूपांतरण को लगभग 10% पर बनाए रखा, 24 घंटे (चित्रा 3ए) के समय के दौरान (TOS) फिनोल की चयनात्मकता 40 से 62% तक बढ़ गई और



चित्र 3: उत्प्रेरक गतिविधि Ni-आधारित मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक। (प्रतिक्रिया की स्थिति: (T=340 °C, PT=0.5 MPa, H₂/anisole=50 mol mol⁻¹, W/F^o= 900 kgcat s molanisole⁻¹)।

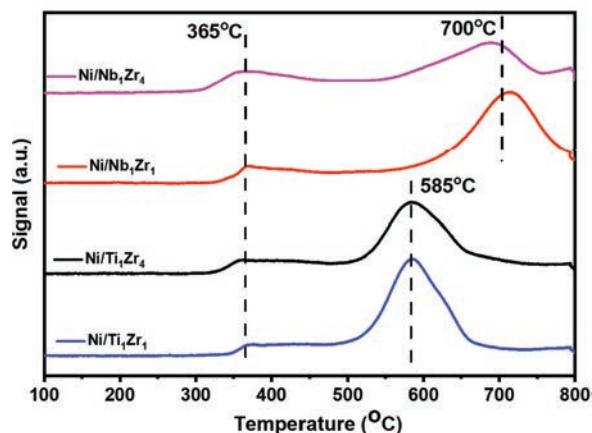
Table 2. The OSC and oxygen vacancy sites of mixed metal oxide catalysts.

Catalysts	OSC (mmol/g)	$O_{\beta}/O_{\alpha+\beta}$
Ni/Ti ₁ Zr ₁	0.029	0.407
Ni/Ti ₁ Zr ₄	0.100	0.471
Ni/Nb ₁ Zr ₁	0.045	0.375
Ni/Nb ₁ Zr ₄	0.087	0.453

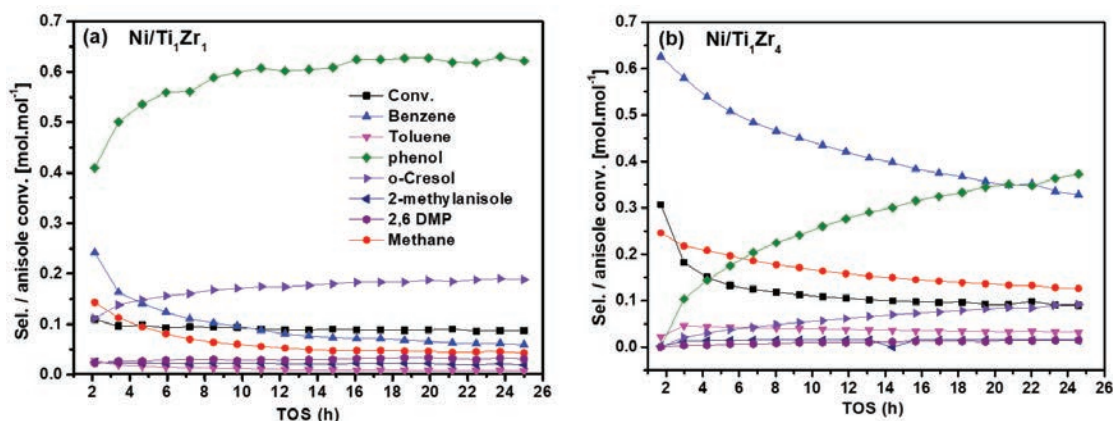
Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ showed that the Ti or Nb and Zr are homogeneously distributed in the mixed oxide catalysts. XPS spectra of Ni2p_{3/2} of mixed oxide catalysts showed a major peak at 855.35 eV, which can be attributed to Ni²⁺ on the surface. However, in the case of Ni/Nb₁Zr₄, the major peak slightly shifted towards higher binding energy, which is attributed to strong metal-support interactions. A satellite peak at 861.7 eV was also observed. A spin-orbit doublet peak belonging to Zr3d of ZrO₂ was observed at 181.8 and 184.2 eV, indicating that zirconium is in Zr⁴⁺ state (not shown). Similarly, a doublet peak corresponding to Ti2p of TiO₂ and Nb3d of Nb₂O₅ was observed at 458.2 and 463.9 and 206.8 and 209.5 eV, respectively. Moreover, it can be noted that the binding energy of both Ti⁴⁺ and Nb⁵⁺ slightly shifted to lower binding energy from 458.07 to 457.82 eV (Ni/Ti₁Zr₄) and 206.74 to 206.56 eV (Ni/Nb₁Zr₄), respectively, manifesting the transfer of an electron from ZrO₂ to Nb₂O₅ and TiO₂, resulting in the formation of Ti-O-Zr or Nb-O-Zr network. This reduction process ensured the generation of oxygen vacancy sites by partial reduction of Ti⁴⁺ and Nb⁵⁺, leading to a slight shift towards lower binding energy (458.07 to 457.82 eV) and (206.74 to 206.56 eV), respectively.

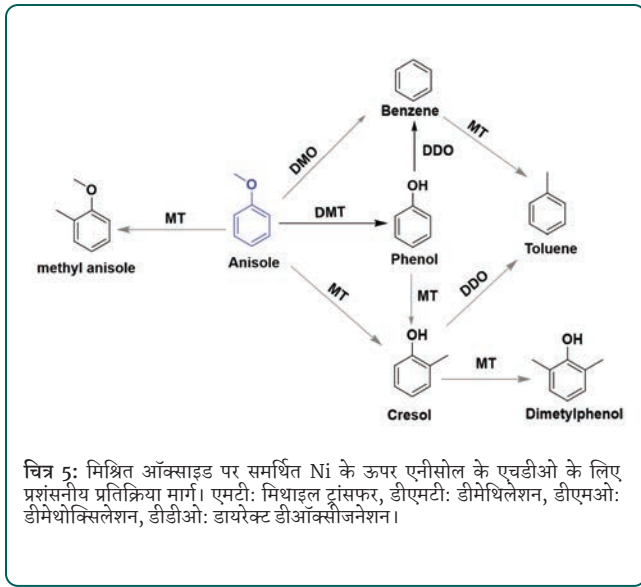
Figure 2 displays the spectra of O1s peak of mixed oxide catalysts, and after deconvolution, two major peaks were observed at 529.6 and 530.7 eV, attributed to the lattice oxygen (O_α) and oxygen vacancy or adsorbed oxygen (O_β), respectively. Interestingly, the oxygen vacancy concentration (O_β/O_α+O_β) was significantly higher in Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ than in Ni/Ti₁Zr₁ and Ni/Nb₁Zr₁ (Table 2), as the uncertainty on an XPS peak fitting is orders of magnitude smaller than the difference between the measured values. To substantiate further, the amount of oxygen vacancy sites was

confirmed in terms of OSC by oxygen pulse chemisorption analysis (Table 2). The oxygen storage capacity determined by pulse chemisorption correlates with the oxygen vacancy determined by XPS analysis, as observed in the previous studies. Ni/Ti₁Zr₄ and Ni/Nb₁Zr₄ possessed a significantly higher OSC than Ni/Ti₁Zr₁ and Ni/Nb₁Zr₁, respectively, indicating the enhancement of oxygen vacancies as consistent with the XPS results (Figure 2).

**Figure 4.** H₂-TPR profile of Ni-based mixed oxide catalysts.

H₂-TPR profile of Ni/Ti₁Zr₁ showed a low-intensity peak at 357 °C, corresponding to NiO (Figure 3). This peak slightly shifted to lower temperature with a slight increment in H₂ consumption in the case of Ni/Ti₁Zr₄, indicating the increment of lower-temperature-reducible NiO_x species. Likewise, a similar shift was observed in Ni/NbZr catalysts, further validating that increasing the ZrO₂ content facilitated the formation of easily reducible species. Moreover, a more pronounced peak was observed at around 585 and 700°C for Ni/TiZr and Ni/NbZr catalysts, respectively, corresponding to NiO_x strongly interacting with the support.

**Figure 3.** Catalytic activity Ni-based mixed oxide catalysts. (Reaction conditions: T=340 °C, PT=0.5 MPa, H₂/anisole=50 mol mol⁻¹, W/F^o= 900 kgcat s molanisole⁻¹).



बेंजीन की चयनात्मकता 24 से 6% की कमी हुई। Ni/Ti1Zr4 को नियोजित करते समय, ऐनिसोल रूपांतरण लगभग 30% से शुरू हुआ और बाद में समान परिस्थितियों में घटकर 10% हो गया (चित्र 3बी)। महत्वपूर्ण बात यह है कि बेंजीन चयनात्मकता 63% से शुरू हुई और घटकर 33% रह गई और फिनोल चयनात्मकता 10 से बढ़कर 37% हो गई, जो Ni / Ti1Zr4 की उच्च डीऑक्सीजनेशन क्षमता का संकेत देती है। उच्च उत्प्रेरक गतिविधि के पीछे तर्क यह था कि Ni/Ti1Zr4 में Ni/Ti1Zr1 (तालिका 2) की तुलना में 3.5 गुना अधिक ओएससी (OSC) था, यह सुझाव देता है कि Ni/Ti1Zr4 में बहुत अधिक ऑक्सीजन रिक्त स्थान हैं, जिससे Ni के आसपास या उसके आसपास बेंजीन का उत्पादन करने वाली साइटें और एचडीओ (HDO) के बाद ऐनिसोल सोखने की सुविधा मिलती है।

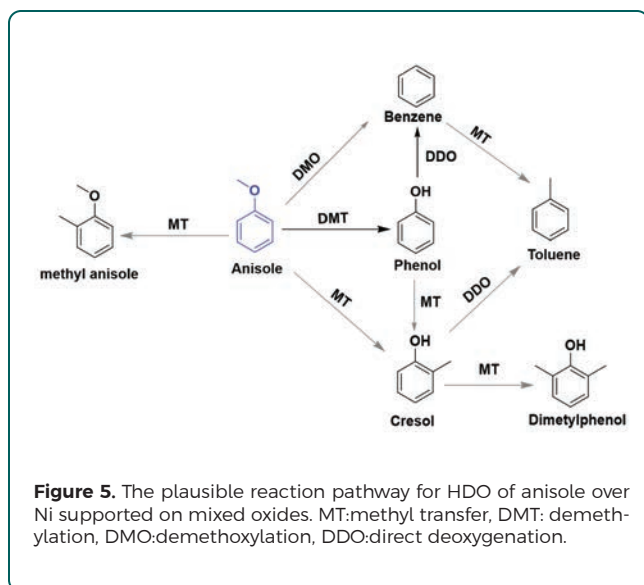
इसके अलावा, XPS परिणामों से पता चला है कि Ni/Ti1Zr4 में Ni/Ti1Zr1 (तालिका 2) की तुलना में थोड़ी अधिक ऑक्सीजन रिक्ति वाली साइटें हैं, जो ऐनिसोल के अधिमान्य अधिशोषण के पक्ष में हैं। सामान्य तौर पर, जैसा कि पिछले अध्ययनों में देखा गया है। एक उत्प्रेरक की ऑक्सीजन रिक्ति साइट ऐनीसोल जैसे ऑक्सीजन के अधिशोषण की सुविधा प्रदान करती है, और जिससे उच्च एचडीओ (HDO) गतिविधि होती है। उच्च ओएससी (OSC) और ऑक्सीजन रिक्ति साइटों के कारण, Ni/Nb1Zr4 और Ni/Nb1Zr1 (तालिका 2) के बीच एक समान उत्प्रेरक गतिविधि भिन्नता देखी गई। Ni/NbZr उत्प्रेरकों ने टाइटेनियम समकक्षों की तुलना में पहले दो घंटों में ऐनिसोल का थोड़ा अधिक रूपांतरण प्रदर्शित किया, जिसे Ti की तुलना में Nb के बेहतर ऑक्सोफिलिक चरित्र के लिए जिम्मेदार ठहराया गया था। हमारे काम में प्राप्त परिणामों के आधार पर एक प्रशंसनीय प्रतिक्रिया मार्ग प्रस्तावित है, जो साहित्य द्वारा रिपोर्ट किए गए परिणामों (योजना 1) के पूरक है। प्रतिक्रिया के शुरुआती घंटों के दौरान, बेंजीन, मीथेन और फिनोल का निर्माण मुख्य रूप से देखा गया था। कोई डीमेथोक्सिलेशन नहीं देखा गया था, अर्थात्, उत्पाद स्ट्रीम में मेथनॉल अनुपस्थित था, यह दर्शाता है कि प्रतिक्रिया मीथेन और फिनोल बनाने के लिए एनीसोल के डीमेथिलेशन (डीएमटी) के माध्यम से आगे बढ़ी। इसके अलावा, बेंजीन गठन ने फिनोल के प्रत्यक्ष डीऑक्सीजनेशन (डीडीओ) का सुझाव दिया। Ti1Zr या NbZr ऑक्साइड के साथ Ni पर ऐनिसोल के डीमेथिलेशन को Ni धातु साइटों पर Caliphatic-O के अधिमान्य दरार के लिए जिम्मेदार ठहराया गया था। इस बाद वाले बॉन्ड में CAr-O की तुलना में 84 kJ/mol कम बॉन्ड वियोजन ऊर्जा है। रसायन विज्ञान में धातु और ऑक्सोफिलिक साइटों पर प्रतिक्रिया में अंतर पहले Pt, Ru और Fe/ SiO2 द्वारा ऐनिसोल एचडीओ के लिए प्रदर्शित किया गया है। Pt और Ru/SiO2 ने फिनोल बनाने के लिए ऐनिसोल के Caliphatic-O (डीमेथिलेशन) के सुस्पष्ट दरार को दिखाया, इसके बाद Pt और Ru की उच्च हाइड्रोजनीकरण क्षमता के कारण बेंजीन बनाने के लिए डीऑक्सीजनेशन किया गया। दूसरी ओर, Fe/ SiO2, ने Fe के ऑक्सोफिलिसिटी चरित्र के कारण बेंजीन बनाने के लिए ऐनिसोल के प्रत्यक्ष डीऑक्सीजनेशन का प्रदर्शन किया, यह दर्शाता है कि प्रतिक्रिया मार्ग हाइड्रोजनीकरण क्षमता और धातु की ऑक्सोफिलिसिटी पर निर्भर करता है।

इसके अलावा, फिनोल के बेंजीन के डीडीओ को C-O बॉन्ड क्लीवेज के लिए आवश्यक ऊर्जा अवरोध को कम करके Ni / Ti1Zr4 और Ni / Nb1Zr4 में ऑक्सीजन रिक्ति साइटों के साथ फेनोलिक ऑक्सीजन की मजबूत बातचीत द्वारा बढ़ावा दिया जा सकता है। दिलचस्प बात यह है कि बेंजीन का कोई हाइड्रोजनीकरण उत्पाद नहीं देखा गया था, जो Ni और Ti1Zr या NbZr के बीच मजबूत धातु-समर्थन बातचीत को दर्शाता है, जैसा कि H2-TPR परिणामों के अनुरूप है। इसके अलावा, मिथाइल ऐनिसोल, डाइमिथाइल फिनोल (डीएमपी) और टोल्युनि जैसे ट्रांसएल्काइलेशन उत्पादों के सीमित गठन को अम्लीय साइटों के साथ-साथ Ni साइटों के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। इसके अलावा, टोल्युनि उपज में कमी, ओ-क्रेसोल की डीडीओ (स्कीम 1) से भी उपजी हो सकती है। सर्वश्रेष्ठ उत्प्रेरक Ni/Nb1Zr4 की उत्प्रेरक गतिविधि की जांच स्पेस-टाइम को बढ़ाकर 1740 kg-cat smolanisole -1 करके की गई; उत्पाद वितरण में कोई महत्वपूर्ण परिवर्तन नहीं देखा गया, हालांकि पहले दो घंटों के दौरान रूपांतरण में 20% की वृद्धि हुई, बाद में यह लगभग 30% हो गया।

Ni/Ti1Zr4 और Ni/Nb1Zr4 उत्प्रेरकों पर ऐनिसोल के रूपांतरण में पहले 6 घंटे टीओएस के दौरान तेजी से गिरावट आई और बाद में 24 घंटे तक लगभग अपरिवर्तित रहा। तदनुसार, बेंजीन चयनात्मकता कम हो गई, और फिनोल चयनात्मकता टीओएस के एक समारोह के रूप में और अधिक धीरे-धीरे बढ़ी। रूपांतरण में शुरुआती तेज गिरावट सबसे अधिक संभावना उत्प्रेरक के “ब्रेकिंग इन” यानी उत्प्रेरक के अपने नए वातावरण में बसने के कारण हुई थी। इसके अलावा निष्क्रियता को ऑक्सोफिलिक साइटों पर फेनोलिक प्रजातियों के संचय और Ni साइटों पर कार्बन प्रजातियों के जमाव के लिए जिम्मेदार ठहराया गया था। खर्च किए गए उत्प्रेरकों का मौलिक और टीपीओ विश्लेषण इस बात की पुष्टि करता है कि सभी उत्प्रेरकों पर कार्बन के जमाव के लिए निष्क्रियता को जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। खर्च किए गए उत्प्रेरक का अधिक गहन विश्लेषण यह निर्धारित करेगा कि क्या Ni साइटों पर कार्बन का जमाव ऑक्सोफिलिक साइटों पर फिनोल संचय की तुलना में प्रभावी रूप से अधिक स्पष्ट था। इसका मतलब यह होगा कि घटती बेंजीन चयनात्मकता ओवरटाइम आंतरिक रूप से होती है और यह केवल एक रूपांतरण प्रभाव का परिणाम नहीं है।

प्रमुख उपलब्धियां

- ऑक्सीजन रिक्ति साइटों के गठन में वृद्धि और ऑक्सीजन भंडारण क्षमता एनीसोल रूपांतरण और उत्पाद वितरण के मामले में Ni उत्प्रेरक की एचडीओ गतिविधि में सुधार करती है।
- Ti या Nb संशोधित ZrO2 पर Ni उत्प्रेरकों ने इस प्रभाव को स्थापित करने की अनुमति दी जब संशोधक को 1:4 अनुपात में शामिल किया गया था, अर्थात्, Ni/X1Zr4 (X=Ti या Nb) उत्प्रेरक Ni/X1Zr1 वाले से बेहतर प्रदर्शन कर रहे थे।
- ऑक्सोफिलिक साइटों (ऑक्सीजन रिक्ति साइटों) ने अन्य, गैर-ऑक्सीजनयुक्त, एरोमेटिक यौगिकों की तुलना में एनीसोल के अधिक सुगम अधिशोषण का समर्थन किया, इस प्रकार डीऑक्सीजेनेटेड उत्पाद (बेंजीन) के प्रति चयनात्मकता को बढ़ाया। इसके अलावा, मजबूत धातु-समर्थन संपर्क हाइड्रोजनीकरण क्षमता को कम करता है।



Catalytic activity: The catalytic activity of mixed metal oxide catalysts was examined through anisole HDO in the HTK-S (Figure 4). Ni/Ti1Zr1 maintained its anisole conversion at around 10%, with an increased selectivity to phenol from 40 to 62% and a decreased benzene selectivity from 24 to 6% during the time on stream (TOS) for 24 h (Figure 3a). When employing Ni/Ti1Zr4, the anisole conversion started at roughly 30%, subsequently decreasing to 10% under identical conditions (Figure 3b). Interestingly, the benzene selectivity began at 63% and declined to 33% as the phenol selectivity increased from 10 to 37%, indicating a higher deoxygenation ability of Ni/Ti1Zr4. The rationale behind the higher catalytic activity was that Ni/Ti1Zr4 had 3.5 times higher OSC than Ni/Ti1Zr1 (Table 2), suggesting Ni/Ti1Zr4 possessed much more oxygen vacancy sites, facilitating anisole adsorption followed by HDO on or in the vicinity of Ni sites producing benzene.

In addition, XPS results revealed that Ni/Ti1Zr4 possessed slightly more oxygen vacancy sites than Ni/Ti1Zr1 (Table 2), favouring the preferential adsorption of anisole. In general, oxygen vacancy sites of a catalyst facilitate the adsorption of oxygenates such as anisole, leading to high HDO activity, as observed in the previous studies. Due to higher OSC and oxygen vacancy sites, a similar catalytic activity discrepancy was observed between Ni/Nb1Zr4 and Ni/Nb1Zr1 (Table 2). Ni/NbZr catalysts exhibited a slightly higher conversion of anisole in the first two hours than the titanium counterparts which was attributed to the superior oxophilic character of Nb compared to Ti. A plausible reaction pathway is proposed based on the results obtained in our work, complemented by literature reported results (Scheme 1). During the initial hours of reaction, the formation of benzene, methane and phenol was predominantly observed. No demethoxylation was observed, i.e., methanol was absent in the product stream, indicating that the reaction proceeded via demethylation (DMT) of anisole to form methane and phenol. Further, benzene formation suggested the direct deoxygenation (DDO) of phenol. The demethylation of anisole over Ni together with TiZr or NbZr oxides was attributed to the preferential cleavage of C_liphatic-O on the Ni metal sites. This latter bond has an 84 kJ/mol lower bond dissociation energy than C_AR-O. Differences in reaction chemistry on metal and oxophilic sites have been demonstrated before for anisole HDO over Pt, Ru and Fe on SiO₂. Pt and Ru/SiO₂ showed facile cleavage of C_liphatic-O (demethylation) of anisole to form phenol, followed by deoxygenation to form benzene due to the higher hydrogenation ability of Pt and Ru. Fe/SiO₂, on the other hand, exhibited direct deoxygenation of anisole to form benzene due to the oxophilic character of Fe, demonstrating that the reaction

pathway depends on the hydrogenation ability and the oxophilicity of the metal.

Furthermore, the DDO of phenol to benzene could be promoted by the strong interaction of phenolic oxygen with the oxygen vacancy sites in Ni/Ti1Zr4 and Ni/Nb1Zr4 by reducing the energy barrier required for the C-O bond cleavage. Interestingly, no hydrogenation products of benzene were observed, indicating the strong metal-support interaction between Ni and TiZr or NbZr, as in line with the H₂-TPR results. In addition, the limited formation of transalkylation products, such as methyl anisole, dimethyl phenol (DMP) and toluene, could be attributed to Ni sites along with acidic sites. Further, the low toluene yield could also stem from o-cresol DDO (Scheme 1). The catalytic activity of the best catalyst Ni/Nb1Zr4 was investigated further by increasing the space-time to 1740 kgcat s molanisole⁻¹; no significant changes in the product distribution were observed though the conversion increased by 20% during the first two hours, subsequently leveling off to around 30%.

The conversion of anisole over Ni/Ti1Zr4 and Ni/Nb1Zr4 catalysts steeply declined during the first 6 h TOS and remained almost unchanged afterwards, up to 24 h. Correspondingly, the benzene selectivity decreased, and the phenol selectivity increased more gradually as a function of TOS. The initial sharp decline in conversion was most likely caused by the catalyst "breaking in", i.e. the catalyst settling in its new environment. Further deactivation was attributed to the accumulation of phenolic species over oxophilic sites and the deposition of carbon species over Ni sites. Elemental and TPO analysis of the spent catalysts corroborate that the deactivation can be attributed to carbon deposition on all catalysts. A more thorough analysis of the spent catalyst will determine whether the carbon deposition on Ni sites was effectively more pronounced than the phenol accumulation on the oxophilic sites. This would mean that the decreasing benzene selectivity overtime occurs intrinsically and is not just the result of a conversion effect.

Salient Achievements

- ◆ Enhanced the oxygen vacancy sites formation and oxygen storage capacities anisole improve the HDO activity of Ni catalysts in terms of conversion and the product distribution.
- ◆ Ni catalysts on Ti or Nb modified ZrO₂ supports allowed establishing this effect when the modifier was incorporated in a 1:4 ratio, i.e., Ni/X1Zr4 (X=Ti or Nb) catalysts were outperforming the Ni/X1Zr1 ones.
- ◆ The oxophilic sites (oxygen vacancy sites) favoured more facile adsorption of anisole than other, non-oxygenated, aromatic compounds, thus enhancing the selectivity towards the deoxygenated product (benzene). Moreover, the strong metal-support interaction reduces the hydrogenation capacity.

रसायन अभियान्त्रिकी



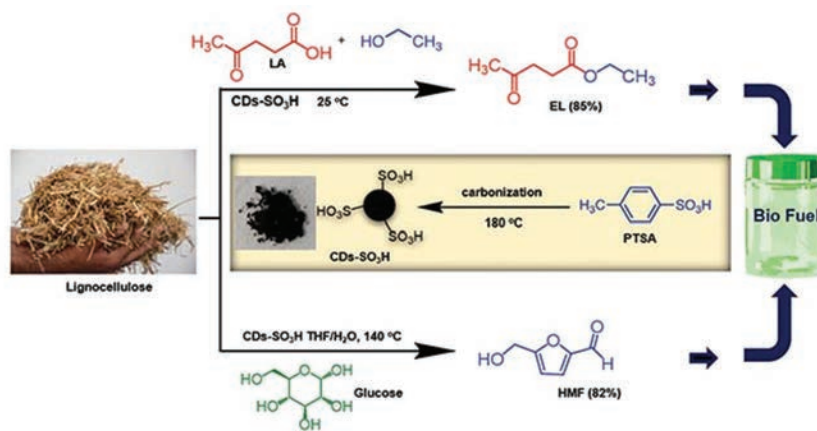
डॉ. शशिकुमार एलुमलाई
वैज्ञानिक-ई

रिसर्च फेल्लो
संदीप कुमार
सेंथिल एम. अरुमुगाम
संगीता महला, भावना देवी
सुनैना जाखू

विशेषज्ञता
रासायनिक अभिक्रिया गतिविज्ञान और मॉडलिंग बायोमास रूपांतरण
को प्लेटफॉर्म रसायन

हाल के वर्षों में, फोटोल्यूमिनेसेंट कार्बन नैनोकणों (जिसे कार्बन डॉट्स, सीडी के रूप में भी जाना जाता है) नैनोथेरेप्यूटिक्स, आत्म-उपचार, बायोइमेजिंग, कैंसर, जैव रासायनिक संवेदन, ऊर्जा भंडारण, इलेक्ट्रॉनिक्स, सौर कोशिकाओं के क्षेत्र में उभर रहा है, और इसके प्रकाश-अवशोषित और उत्सर्जक विशेषताओं के लिए कुछ नाम देने के लिए। यह सक्रिय कार्बन और लिग्नोसेल्यूलोज सामग्री जैसे प्रचुर मात्रा में और सस्ती कार्बन स्रोतों से प्राप्त किया जा सकता है; इसलिए, इसे कम लागत वाले कार्बन नैनोमटेरियल के रूप में वर्गीकृत किया गया है। एक विशिष्ट अर्ध-OD अंगार -आधारित सामग्री 10 एनएम < आकार को मापती है। इसके अलावा, यह उत्कृष्ट प्रकाशस्थिरता, उच्च

प्रकाश जनित चार्ज जुदाई, और ऊर्जा वाहक हस्तांतरण क्षमता, कम विषाक्तता, अनुकूलता, जैव, आदि प्रदान करता है। ये विशेषताएं आगे प्रकाश उत्प्रेरक, इलेक्ट्रोकेटालिसिस, सोनोकैटालिसिस, अंगारक प्रदूषकों को कम करने के लिए प्रकाश इलेक्ट्रोकेटालिसिस प्रतिक्रियाओं, पानी के विभाजन, CO₂ से CO में कमी, और लागत प्रभावी उत्प्रेरक तकनीक विकसित करने की दिशा में अन्य रासायनिक रूपांतरणों में इसके आवेदन का विस्तार करती हैं। सामग्री में प्रमुख मौलिक प्रजातियां कार्बन (sp² / sp³ के रूप में), ऑक्सीजन और हाइड्रोजन हैं, जो विभिन्न प्रकार के कार्यात्मक समूहों, विशेष रूप से हाइड्रॉक्सिल और कार्बोक्जिलिक को संलग्न करती हैं, जो सतह कार्यात्मकता और प्रतिदीप्ति गुणों को सक्षम करती हैं। समग्र अध्ययनों



चित्र 1: संश्लेषित CD-SO₃H कम लागत पर बायोरेन्यूएबल रसायनों की तैयारी की सुविधा प्रदान करता है।

CHEMICAL ENGINEERING



Dr. Sasikumar Elumalai
Scientist-E

Research Fellows

Sandeep Kumar
Senthil M. Arumugam
Sangeeta Mahala
Bhawana Devi
Sunaina Jakhu

Expertise

Chemical reaction kinetics and modeling
Biomass conversion to platform chemicals

In recent years, photoluminescent carbon nanoparticles (also known as carbon dots, CDs) is emerging in the fields of nanotherapeutics, self-healing, bioimaging, catalysis, biochemical sensing, energy storage, electronics, solar cells, and to name a few ascribed to its light-absorbing and emitting characteristics. It can be obtained from the abundant and inexpensive carbon sources like activated carbon and lignocellulose materials; therefore, it is classified as a low-cost carbon nanomaterial. A typical quasi-0D carbon-based material measures the size <10 nm. Furthermore, it offers excellent photostability, higher photogenerated charge separation,

and energy carrier transfer capacity, low toxicity, tunability, biocompatibility, etc. These features further extend its application in photocatalysis, electrocatalysis, sonocatalysis, photo electrocatalysis reactions for degrading organic pollutants, water splitting, CO₂ to CO reduction, and other chemical conversions towards developing a cost-effective catalytic technology. The key elemental species in the material are carbon (as sp²/sp³ form), oxygen, and hydrogen, which tend to engage a variety of functional groups, especially hydroxyl and carboxylic, enabling the surface functionalization and fluorescence properties. From the overall studies, the functionalization of

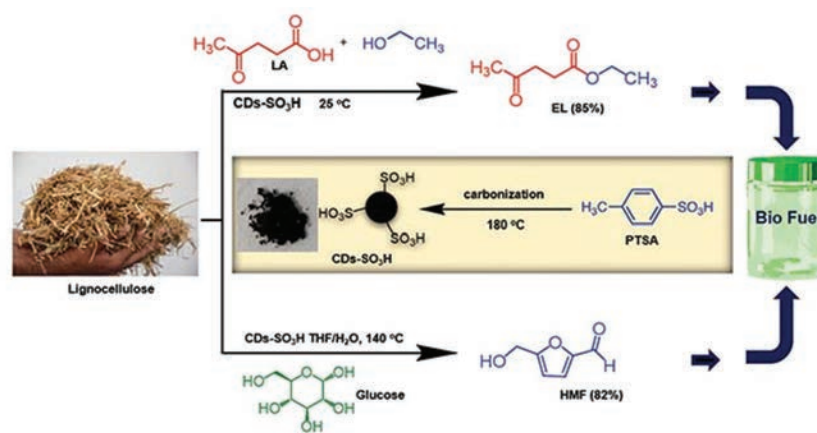


Figure 1. The synthesized CD-SO₃H facilitates the preparation of biorenewable chemicals at a lower cost.

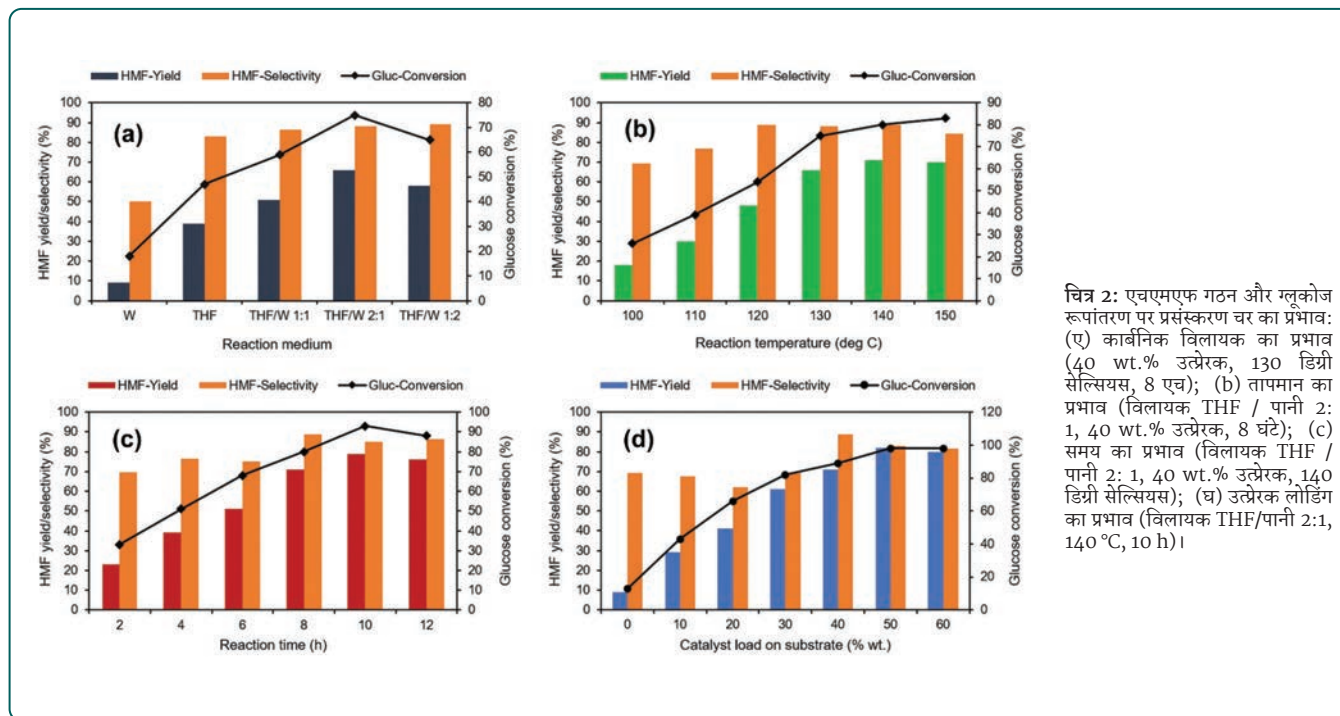
से, CD सामग्री का कार्यात्मकता अपने भौतिक-रासायनिक गुणों में सुधार करने के लिए विषम-परमाणु डोपिंग या सतह संशोधन के माध्यम से प्राप्त किया जाता है। पूर्व तकनीक धातु तत्वों के डोपिंग के माध्यम से एक आंतरिक संपत्ति परिवर्तन को सक्षम बनाती है। इसके विपरीत, बाद की विधि कार्यात्मक लिगेंड के साथ समन्वित विद्युतस्थिर अनुयोन्यक्रिया के परिणामस्वरूप सक्रिय सतह समूहों के आधार पर CD की सतह पर सक्रिय साइटों और कार्यात्मक समूहों को अलग-अलग करने की अनुमति देती है। हालांकि, यह पूर्व की तुलना में थोड़ी जटिलता प्रदान करता है। लेकिन यह एक ठोस पदार्थ का उत्पादन करता है जो विशिष्ट उत्प्रेरक प्रतिक्रिया को सुविधाजनक बनाने के लिए सतह निष्क्रियता द्वारा सक्षम क्वांटम उपज में सुधार के लिए जिम्मेदार अद्वितीय गुणों को उजागर करता है। हेक्साडेसिल ट्राइमिथाइल अमोनियम ब्रोमाइड, टायरामाइन, एल-सिस्टीन और फोलिक अम्लीय जैसे छोटे कार्बनिक अणुओं का उपयोग नियमित रूप से CD की सतह संशोधन के लिए किया जाता है।

एक-पॉट, सरल और स्केलेबल प्रोटोकॉल के माध्यम से संश्लेषित सल्फोनेटेड कार्बन डॉट्स ग्लूकोज / लेवुलिनिन अम्लीय का उपयोग करके नवीकरणीय अग्रदूतों की तैयारी की सुविधा प्रदान करता है

जैव शोधन के माध्यम से लिग्नोसेल्युलोज मूल्य-वर्धन आमतौर पर दृढ़ता से अम्लीय परिस्थितियों में आयोजित किया जाता है, विशेष रूप से विषम ठोस-अम्लीय उत्प्रेरण के माध्यम से पुनः उपयोग विकल्प के लिए सरल वसूली के कारण। यह उत्पाद की समग्र विनिर्माण लागत में महत्वपूर्ण कमी करने में मदद करता है। प्रचुर मात्रा में लिग्नोसेल्युलोलिक सामग्री से संभावित ईंधन रेंज रसायनों को प्राप्त करना जीवाश्म भंडार और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन पर निर्भरता को कम करने के लिए व्यवहार्य विकल्प माना जाता है। जैवड्युत्यन्न कार्बोहाइड्रेट (ग्लूकोज) का विशिष्ट अम्लीय उत्प्रेरण अनुक्रमिक समावयवन (फ्रुक्टोज उपज) और निर्जलीकरण (5-hydroxymethylfurfural, HMF उपज) प्रतिक्रियाओं के माध्यम से लेवुलिनिन एसिड (एलए) उपज में समास होता है। रासायनिक उत्प्रेरण के माध्यम से पहचाने गए जैवड्युत्यन्न प्लेटफॉर्म रसायनों में से, एचएमएफ को प्रत्यक्ष ईंधन रेंज रसायनों की तैयारी में एक महत्वपूर्ण मध्यवर्ती (बिल्डिंग ब्लॉक यौगिक) माना जाता है, जिसमें 2,5-डाइमिथाइलफुरान (डीएमएफ) शामिल हैं। डीएमएफ के पास पारंपरिक पेट्रोलियम ईंधन की तुलना में ~ 40% अधिक ऊर्जा घनत्व है और इसका उपयोग सीधे शराब और एल्डिहाइड जैसे प्रतिक्रियाशील कार्यात्मक समूहों के कारण स्पार्क-इग्निशन इंजन में किया जा सकता है। एचएमएफ की तैयारी के लिए, आज तक,

एम्बरलिस्ट -15, जेडएसएम -5, एसएन-टा2ओ 5 और अन्य ब्रोन्टेड- अम्लीय उत्प्रेरक (जैसे कार्बन सामग्री और जर्मेनियम (IV) क्लोराइड के साथ सल्फ्यूरिक अम्लीय के ऑक्सीकरण के माध्यम से विकसित सल्फोनेटेड कार्बोनेशियस सामग्री) सहित विभिन्न प्रकार के ठोस पदार्थों को विकसित और शोषण किया गया है। इन सभी किस्मों को 0.37 और 1.34 mmol H⁺/g के बीच एक अम्लीय घनत्व होने की सूचना दी गई थी और थोड़ी गंभीर परिस्थितियों में HMF रूपांतरण के लिए ग्लूकोज को सक्षम किया गया था (2-4 घंटे के लिए 120-140 डिग्री सेल्सियस)। उपयोगकर्ता के अनुकूल परिस्थितियों में अम्लीय घनत्व का विकास और कठोर परिस्थितियों में उत्प्रेरक की कम छुरा घोंपने वाली विशेषताएं उत्प्रेरण विधि में प्रमुख चुनौतियां हैं। इसके अलावा, ठेठ चीनी (ओ) रूपांतरण अवांछित उत्पादों के लिए एक अनियंत्रित गिरावट के साथ, उत्पादकता को कम करने और नीचे की ओर उत्पाद में जटिलता की पेशकश के साथ। जैव व्युत्पन्न रसायन की एक और किस्म है कि ईंधन अनुप्रयोगों में क्षमता है एथिल लेवुलिनेट (LA) एस्टरीफिकेशन के माध्यम से जैवड्युत्यन्न ला का उपयोग कर व्युत्पन्न किया जा सकता है। इसका उपयोग आंतरिक दहन इंजन में प्रत्यक्ष सम्मिश्रण एजेंट के रूप में किया जा सकता है। सम्मिश्रण पर, यह डीजल की चिकनाई और चालकता को बढ़ाता है। हालांकि, इसमें अपेक्षाकृत कम सीटन संख्या होती है। एलए का उपयोग करते समय इसकी तैयारी को मजबूत अम्लीय परिस्थितियों में उत्पादक बताया जाता है, जिससे हल्के परिस्थितियों में एलए के निकट-पूर्ण एस्टरीफिकेशन को सक्षम किया जाता है (120 डिग्री सेल्सियस 2 घंटे तक)। हेटरोपोलियासिड, जियोलाइट्स, धातु ऑक्साइड, सल्फोनिक एसिड-कार्यात्मक सामग्री को उत्प्रेरण के लिए प्रमुख ठोस-एसिड उत्प्रेरक के रूप में पहचाना जाता है।

वर्तमान अध्ययन में, हमने नवीकरणीय ईंधन-ग्रेड रसायनों को तैयार करने के लिए थर्मलाइजेशन प्रोटोकॉल के माध्यम से एक सस्ते पी-टोल्युनिसल्फोनिक एसिड (पीटीएसए) से व्युत्पन्न सल्फोनिल समूहों वाले सल्फोनिल समूहों की एक नई किस्म पेश की। धारणा में, उत्प्रेरक द्वारा मजबूत अम्लीय स्थितियों का प्रदर्शन एचएमएफ में बायोड्युरेटिव ग्लूकोज के परिवर्तन और EL में LA के पक्ष में है। अतिरिक्त कार्बोक्जिलिक कार्यात्मक समूहों को उजागर करने वाली विशेषता सामग्रीसतह कार्यात्मकता के माध्यम से अधिकतम बाहरी -एसओ 3 एच समूहों को समायोजित कर सकती है; इसलिए, ब्रोन्टेड अम्लीय साइटों की पेशकश करने वाले - SO₃H समूह आसानी से एचएमएफ संश्लेषण प्रतिक्रिया को सक्रिय कर सकते हैं। हालांकि, उच्च तापीय स्थितियों (>150 डिग्री सेल्सियस) के तहत इसकी स्थिरता (यानी, सल्फोनिल समूहों का अपघटन) संदिग्ध है। इस वजह से, उत्प्रेरक के प्रदर्शन



चित्र 2: एचएमएफ गठन और ग्लूकोज रूपांतरण पर प्रसंस्करण चर का प्रभाव: (ए) कार्बनिक विलायक का प्रभाव (40 wt.% उत्प्रेरक, 130 डिग्री सेल्सियस, 8 एच); (ब) तापमान का प्रभाव (विलायक THF / पानी 2: 1, 40 wt.% उत्प्रेरक, 8 घंटे); (c) समय का प्रभाव (विलायक THF / पानी 2: 1, 40 wt.% उत्प्रेरक, 140 डिग्री सेल्सियस); (घ) उत्प्रेरक लोडिंग का प्रभाव (विलायक THF/पानी 2:1, 140 °C, 10 h)।

the CDs material is achieved via heteroatom doping or surface modification to improve its physico-chemical properties. The former technique enables an intrinsic property change via doping of metal elements. Conversely, the latter method allows varying the active sites and functional groups on the surface of CDs depending on the active surface groups as a result of coordinated electrostatic interaction with the functional ligands. However, it offers a slight complexity than the former. But it produces a solid substance exposing unique properties attributed to the improvement in the quantum yield enabled by surface passivation to facilitate specific catalytic reaction. Small organic molecules, like hexadecyl trimethyl ammonium bromide, tyramine, L-cysteine, and folic acid are regularly used for surface modification of CDs.

Sulphonated carbon dots synthesized through a one-pot, facile and scalable protocol facilitates the preparation of renewable precursors using glucose/levulinic acid

The lignocellulose value-addition via biorefining is typically conducted under strongly acidic conditions, especially via heterogeneous solid-acid catalysis owing to the facile recovery for reuse option. This helps in a significant reduction of the product's overall manufacturing cost. Deriving the potential fuel range chemicals from the abundant lignocellulosic materials is believed to be the viable option to reduce the dependency on fossil reserves and greenhouse gas emissions. Typical acidic catalysis of bioderived carbohydrate (glucose) ends in levulinic acid (LA) yield via sequential isomerization (yielding fructose) and dehydration (yielding 5-hydroxymethylfurfural, HMF) reactions. Of the identified bioderived platform chemicals via chemical catalysis, HMF is considered an important intermediate (building block compound) in the preparation of direct fuel range chemicals, including 2,5-dimethylfuran (DMF). The DMF possesses an ~40% higher energy density than the conventional petroleum fuel and can be directly used in spark-ignition engines owing to its reactive functional groups, like alcohol and aldehyde. For HMF preparation, till date, a variety of solids, including Amberlyst-15, ZSM-5, Sn-Ta₂O₅ and other Brønsted-acid catalysts (like sulphonated carbonaceous materials developed via oxidation of sulfuric acid with carbon materials and germanium(IV) chloride), have been developed and exploited. All these varieties

were reported to have an acid density between 0.37 and 1.34 mmol H⁺/g and enabled the glucose to HMF conversion under slightly severe conditions (120–140 °C for 2–4 h). The development of acidic density under user-friendly conditions and the catalyst's less stable characteristics under harsh conditions are the major challenges in the catalysis method. Besides, typical sugar(s) conversion accompanies an uncontrolled degradation to unwanted products, reducing productivity and offering complexity in the product downstream. Another variety of bioderived chemical that has the potential in fuel applications is ethyl levulinate (EL) can be derived using bioderived LA via esterification. It can be used as a direct blending agent in internal combustion engines. Upon blending, it increases the lubricity and conductivity of diesel. However, it possesses a relatively lower cetane number. Its preparation when using LA is reported productive under strong acidic conditions, enabling a near-complete esterification of LA under milder conditions (120 °C up to 2 h). Heteropolyacid, zeolites, metal oxides, sulphonic acid-functionalized materials are identified as prominent solid-acid catalysts for the catalysis.

In the present study, we introduced a new variety of low-cost catalyst (CDs) containing sulphonyl groups derived from a cheap p-toluenesulphonic acid (PTSA) via thermalization protocol to prepare the renewable fuel-grade chemicals. In perception, the exhibiting strong acidic conditions by the catalyst favor the transformation of bioderived glucose into HMF and LA into EL. The characteristic material exposing excess carboxylic functional groups can accommodate maximum external -SO₃H groups via surface functionalization; therefore, the -SO₃H groups offering the Brønsted acid sites could effortlessly activate the HMF synthesis reaction. However, its stability (i.e., decomposition of sulphonyl groups) under higher thermal conditions (>150 °C) is doubtful. Due to this, the catalyst's performance evaluation was restricted to only glucose dehydration to HMF and LA esterification to ethyl levulinate (EL) reactions within the sequence of deriving energy products directly from biomass. Typically, a harsher condition is maintained for LA preparation, i.e., 180 °C for 2–4 h. In this way, the study could establish the versatility of CDSO₃H in the application of renewable chemicals preparation towards biomass value-addition.

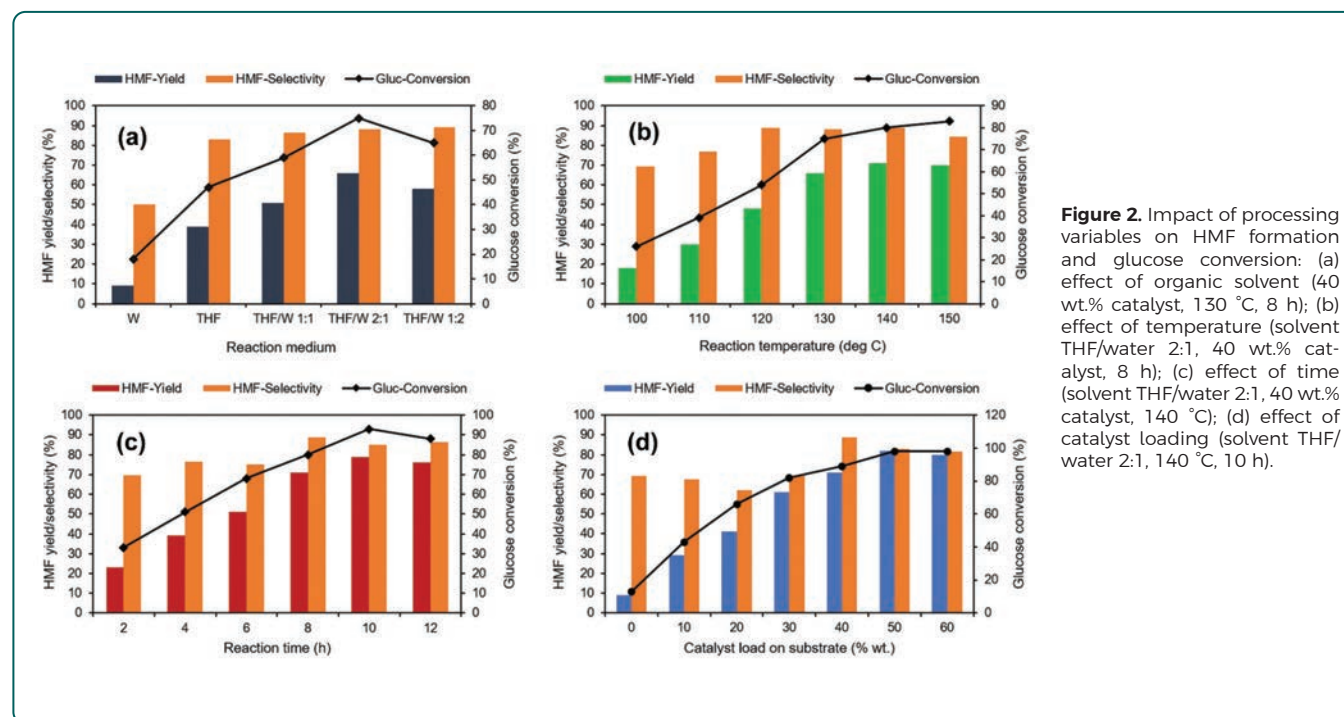


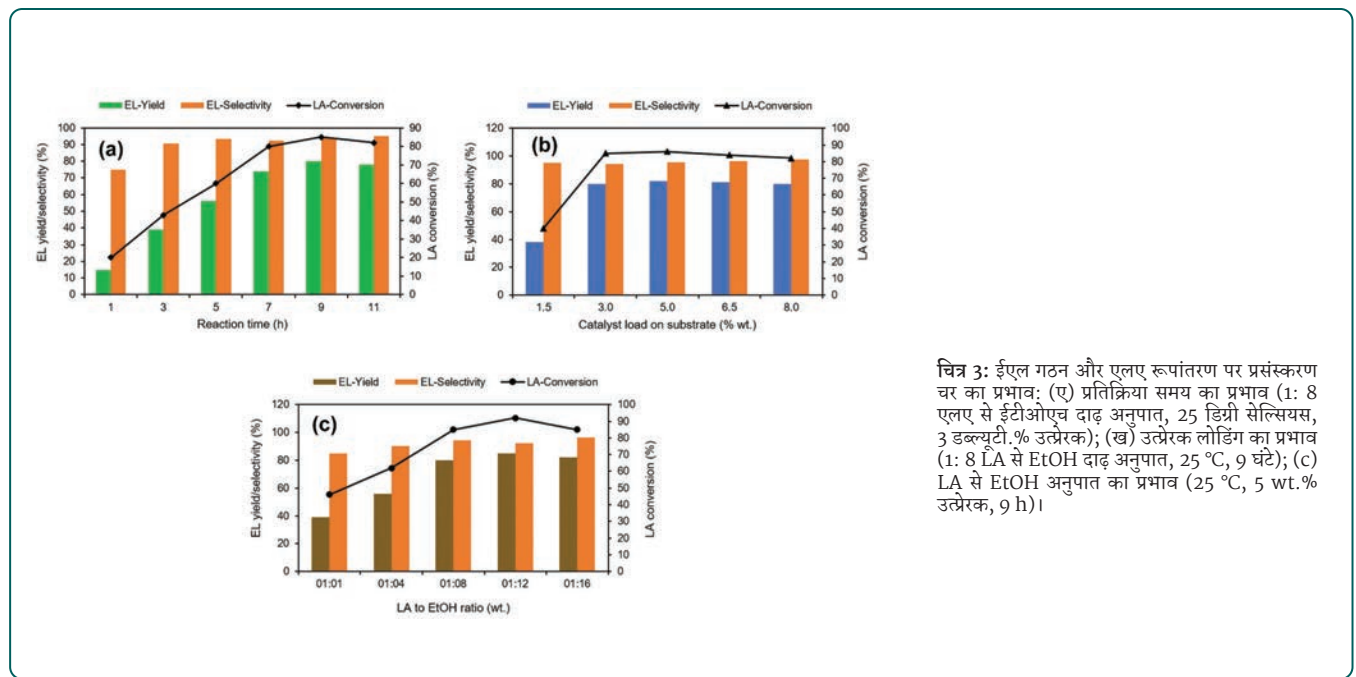
Figure 2. Impact of processing variables on HMF formation and glucose conversion: (a) effect of organic solvent (40 wt.% catalyst, 130 °C, 8 h); (b) effect of temperature (solvent THF/water 2:1, 40 wt.% catalyst, 8 h); (c) effect of time (solvent THF/water 2:1, 40 wt.% catalyst, 140 °C); (d) effect of catalyst loading (solvent THF/water 2:1, 140 °C, 10 h).

का मूल्यांकन केवल ग्लूकोज निर्जलीकरण तक सीमित था एचएमएफ और LA एस्टरिफिकेशन को एथिल लेवुलिनेट (ईएल) प्रतिक्रियाओं के लिए बायोमास से सीधे ऊर्जा उत्पादों को प्राप्त करने के अनुक्रम के भीतर। आमतौर पर, LA तैयारी के लिए एक कठोर स्थिति बनाए रखी जाती है, यानी, 2-4 घंटे के लिए 180 डिग्री सेल्सियस। इस तरह, अध्ययन बायोमास मूल्य-वर्धन की दिशा में नवीकरणीय रसायनों की तैयारी के आवेदन में CD- SO₃H की बहुमुखी प्रतिभा स्थापित कर सकता है।

HMF के लिए ग्लूकोज अपघटन पर के रूप में संश्लेषित CD- SO₃H की प्रभावशीलता: महत्वपूर्ण प्रतिक्रिया पैरामीटर, जैसे प्रतिक्रिया तापमान, समय और मध्यम संरचना, को साहित्य के अनुसार CDs-SO₃H एच की प्रभावकारिता निर्धारित करने के लिए चुना गया था। एचएमएफ के लिए ग्लूकोज निम्नीकरण पर प्रसंस्करण चर के प्रभाव का अध्ययन करने के लिए एक पारंपरिक अनुकूलन विधि का पालन किया गया था। रिपोर्ट अक्सर इस बात पर प्रकाश डालती है कि फ्रुक्टोज ग्लूकोज के बजाय समृद्ध एचएमएफ संश्लेषण के लिए अत्यधिक अनुकूल है; हालांकि, सेल्यूलोज बायोमास के रूप में लगभग ~ 40% ग्लूकोज युक्त प्रचुर मात्रा में लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास का उपयोग करके इसके वाणिज्यिक उत्पादन की व्यवहार्यता अनिश्चित है। लेकिन फ्रुक्टोज के लिए विशिष्ट ग्लूकोज समावयवन इसकी संतुलन प्रकृति और अवांछनीय चीनी निम्नीकरण के कारण रासायनिक मार्ग के माध्यम से एक चुनौतीपूर्ण अंतर-रूपांतरण है। एक औद्योगिक रूप से व्यवहार्य परिप्रेक्ष्य से, हमने CD-SO₃H का उपयोग करके विषम उत्प्रेरण के माध्यम से एचएमएफ का उत्पादन करने के लिए एक सबस्ट्रेट के रूप में ग्लूकोज को नियोजित किया। 8 घंटे के लिए 130 डिग्री सेल्सियस पर एक जलीय स्थिति में किए गए उत्प्रेरक के प्रदर्शन के प्रारंभिक सत्यापन के परिणामस्वरूप खराब उत्पादकता (33% चयनात्मकता के साथ केवल 9% एचएमएफ गठन) हुई। यह संभवतः एक सामान्य चीनी (ओं) निम्नीकरण के कारण होता है, जिससे ह्यूमिन सहित अवांछित उपोत्पाद की एक विविध श्रृंखला उत्पन्न होती है। अन्यथा, उत्प्रेरक ने चीनी (ओं) अपघटन को बढ़ावा देने की अपनी क्षमता दिखाई >50% -SO₃H समूहों द्वारा पेश किए गए मजबूत अम्लीय साइटों के लिए जिम्मेदार ठहराया गया, जैसा कि विश्लेषणात्मक तकनीकों द्वारा पुष्टि की गई है। साहित्य से, कई पूरक कार्बनिक सह- विलायक, विशेष रूप से डीएमएसओ, टीएचएफ और ईटीओएच, साइड प्रतिक्रियाओं से बचने के लिए पानी के माध्यम में। टीएचएफ की सादगी को ध्यान में रखते हुए, जैसे कि कम उबलते और सरल अलगाव के साथ NaCl एक बिक्रिसिक परत बनाने के अलावा, हमने उत्प्रेरक प्रतिक्रिया के लिए एक सह-विलायक के रूप में THF को चुना। प्रतिक्रिया में इसकी भागीदारी की पुष्टि करने के लिए, हमने सादे THF की दक्षता का मूल्यांकन किया, जिसने समान ऑपरेटिंग परिस्थितियों में ~ 39% HMF एकाग्रता

और 54% चयनात्मकता प्रदान की (चित्र 3a)। हालांकि, परिणाम अंक के अनुरूप नहीं है। सार्थक है कि एचएमएफ रूपांतरण के लिए ग्लूकोज पहले समावयवन करता है, इसके बाद एचएमएफ उत्पन्न करने के लिए निर्जलीकरण होता है। विशेष रूप से, प्राथमिक चीनी अंतर-रूपांतरण एक थर्मोडायनामिक रूप से संतुलन प्रतिक्रिया है, जो पानी के माध्यम में उत्कृष्टता प्राप्त करता है जो उनकी (ग्लूकोज और फ्रुक्टोज) उच्च विघटन क्षमता के लिए जिम्मेदार है। इसके विपरीत, द्वितीयक परिवर्तन को कार्बनिक विलायक में उत्पादक बताया जाता है क्योंकि यह एचएमएफ के निरंतर निष्कर्षण को सक्षम बनाता है जैसे ही यह बनता है और इसे आगे के क्षरण से बचाता है, यानी, एलए के लिए पुनर्जलीकरण। इस प्रकार, सादे THF के अपेक्षाकृत कम परिणाम को एक कार्बनिक विलायक में अप्रभावी प्राथमिक चीनी परिवर्तन के रूप में व्याख्या की जा सकती है। इसलिए, जलीय-कार्बनिक मिश्रण के विभिन्न संयोजनों (जैसे कि 1: 1, 2: 1, और 1: 2 v / v THF-H₂O) का मूल्यांकन किया गया। जाहिर है, पानी की सामग्री ने उत्पाद गठन पर एक महत्वपूर्ण प्रभाव की पेशकश की (चित्र 3 ए); सभी अनुपातों में से, 2: 1 अनुपात ने एक बेहतर एचएमएफ उपज (66% मोल) और चयनात्मकता (88%) को सक्षम किया, जो यादृच्छिक प्रतिक्रिया स्थितियों (8 घंटे के लिए 130 डिग्री सेल्सियस) के तहत अन्य संयोजनों की तुलना में तुलनात्मक रूप से 10-29% अधिक है। परिणाम उत्पाद अणु (एचएमएफ) के साथ भौतिक समन्वय करके कार्बनिक विलायक की महत्वपूर्ण भूमिका को भी सत्यापित करता है, जिससे पानी की उपस्थिति में अवांछित पुनर्जलीकरण को नियंत्रित किया जा सकता है। यह समृद्ध उत्पाद संश्लेषण के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। इन निष्कर्षों को THF-H₂O के अन्य संयोजनों के परिणामों से सहसंबद्ध किया जा सकता है, जिनमें THF के विभिन्न स्तर हैं (चित्र 3a)। इसके अतिरिक्त, समझने में, माध्यम में मुक्त हाइड्रॉक्सिल समूह ग्लूकोज गिरावट शुरू कर सकते हैं। उत्प्रेरक के अप्रयुक्त कार्बोक्जिलिक समूह निर्जलीकरण प्रतिक्रिया को प्रभावित कर सकते हैं। ग्लूकोज के प्राथमिक और माध्यमिक दोनों परिवर्तनों में इन प्रभावों के साथ, प्रणाली ने चयनात्मकता के साथ अधिकतम एचएमएफ गठन प्राप्त किया, जिसे साहित्य (तालिका एस 1) की तुलना में अपेक्षाकृत कम तापमान की स्थिति में कम एलए गठन के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है।

प्रतिक्रिया माध्यम के चयन पर, अन्य प्रतिक्रिया चर (स्वतंत्र) का अनुकूलन एक समय में एक कारक को अलग-अलग करके किया गया था। तापमान के प्रभाव का अध्ययन 100-150 डिग्री सेल्सियस की सीमा में किया गया था; जाहिर है, इसका उत्पाद उपज पर एक महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ा (चित्र 3 बी)। प्रतिक्रिया प्रतिक्रिया की एक रैखिक रूप से बढ़ती प्रवृत्ति (एचएमएफ कॉन्क) प्रत्येक 10 डिग्री सेल्सियस पर 140 डिग्री सेल्सियस तक की वृद्धि देखी गई थी, जहां अधिकतम उत्पाद गठन प्राप्त हुआ था। यह सुझाव देते हुए कि इसे उच्च सक्रियण ऊर्जा की आवश्यकता



चित्र 3: ईएल गठन और एलए रूपांतरण पर प्रसंस्करण चर का प्रभाव: (ए) प्रतिक्रिया समय का प्रभाव (1: 8 एलए से ईटीओएच दाढ़ अनुपात, 25 डिग्री सेल्सियस, 3 डब्ल्यूटी. % उत्प्रेरक); (ख) उत्प्रेरक लोडिंग का प्रभाव (1: 8 LA से EtOH अनुपात, 25 °C, 9 घंटे); (c) LA से EtOH अनुपात का प्रभाव (25 °C, 5 wt.% उत्प्रेरक, 9 h)।

Effectiveness of as-synthesized CDs-SO₃H on glucose decomposition to HMF: The critical reaction parameters, such as reaction temperature, time, and medium composition, were chosen to determine the efficacy of CDs-SO₃H, according to the literature. A conventional optimization method was followed to study the impact of the processing variables on glucose degradation to HMF. Reports frequently highlight that fructose is highly favorable for enriched HMF synthesis rather than glucose; however, the feasibility of its commercial production using the abundant lignocellulosic biomass containing nearly ~40% glucose in the form of cellulose biomass is uncertain. But the typical glucose isomerization to fructose is a challenging interconversion via chemical route due to its equilibrium nature and undesirable sugar degradation. From an industrially feasible perspective, we employed glucose as a substrate to produce HMF via heterogeneous catalysis using CDs-SO₃H. The initial verification of the performance of the catalyst made in an aqueous condition at 130 °C for 8 h resulted in poor productivity (only 9% HMF formation with 33% selectivity). This is likely caused by a usual sugar(s) degradation, yielding a varied range of unwanted side products, including humin. Otherwise, the catalyst showed its ability to promote the sugar(s) decomposition >50% ascribed to the strong acidic sites offered by the -SO₃H groups, as affirmed by analytical techniques. From the literature, many supplemented organic co-solvents, specifically DMSO, THF, and EtOH, in a water medium to avoid side reactions. Considering the simplicity of THF, like low-boiling and facile separation with the addition of NaCl forming a biphasic layer, we chose THF as a co-solvent for the catalytic reaction. To confirm its participation in the reaction, we evaluated the efficiency of plain THF, which afforded an ~39% HMF concentration and 54% selectivity under similar operating conditions (Fig. 3a). However, the result is not up to the mark. Worthwhile that glucose to HMF conversion first undertakes isomerization followed by dehydration to yield HMF. Specifically, the primary sugar interconversion is a thermodynamically equilibrium reaction, which excels in water medium ascribed to their (glucose and fructose) higher dissolution capacity. Contrarily, the secondary transformation is reported productive in organic solvents because it enables the continuous extraction of HMF as soon as it forms and protects it from further degradations, i.e., rehydration to LA. Thus, the relatively lower result of plain THF can be interpreted as

the ineffective primary sugar transformation in an organic solvent. Therefore, different combinations of the aqueous-organic mixture (such as 1:1, 2:1, and 1:2 v/v of THF-H₂O) were assessed. Apparently, the water content offered a significant impact on the product formation (Fig. 3a); of all ratios, the 2:1 ratio enabled a better HMF yield (66% mol.) and selectivity (88%), which is comparatively 10-29% higher than the other combinations, under the random reaction conditions (130 °C for 8 h). The result also verifies the significant role of organic solvent by having physical coordination with the product molecule (HMF), thereby controlling the unwanted rehydration in the presence of water. This could be accounted for enriched product synthesis. These findings can be correlated to the results of other combinations of THF-H₂O that have varied levels of THF (Fig. 3a). Additionally, in understanding, the free hydroxyl groups in the medium could initiate glucose degradation. The unoccupied carboxylic groups of the catalyst could influence the dehydration reaction. With these influences in both primary and secondary transformations of glucose, the system achieved maximum HMF formation with selectivity, which is attributed to the less LA formation under relatively lower temperature conditions than in the literature (Table S1).

Upon selection of reaction medium, optimization of other reaction variables (independent) was performed by varying one factor at a time. The effect of temperature was studied in the range from 100-150 °C; apparently, it had a significant impact on the product yield (Fig. 3b). A linearly rising trend of reaction response (HMF conc.) was observed at each 10 °C increase up to 140 °C, where attained maximum product formation. Suggesting that it requires higher activation energy. However, the further increased temperature affected the product formation (~1%-point decrease in yield with 4% selectivity), which is likely caused by the enhanced product degradation under higher severity conditions (i.e., Brønsted acid sites and elevated temperature). Typically, the higher temperature leads to an accelerated HMF degradation. Glucose also tends to undergo degradation to an extent; this indicates that the glucose and HMF side reactions are sensitive to temperature changes. Favorably, the catalyst enabled maximum productivity under the relatively lower temperatures is accredited to the increased number of acidic sites. Likewise, the effect of time (up to 12 h) and catalyst loading (up to

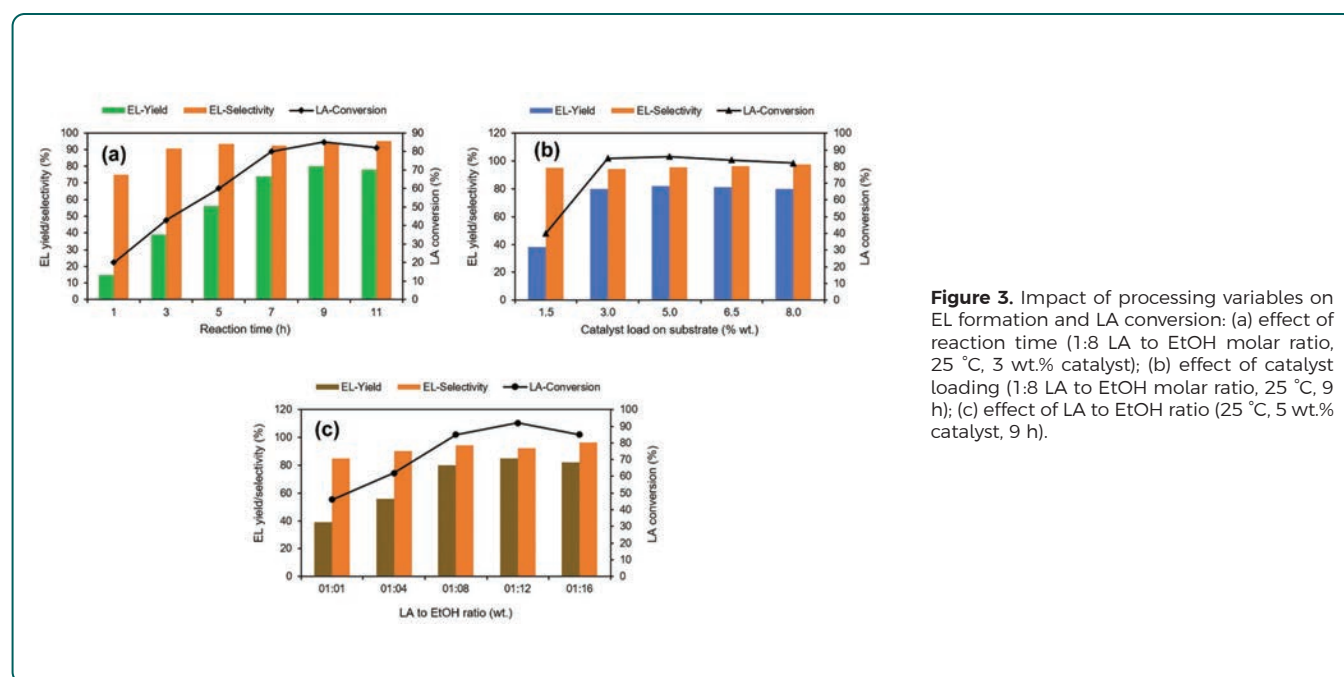


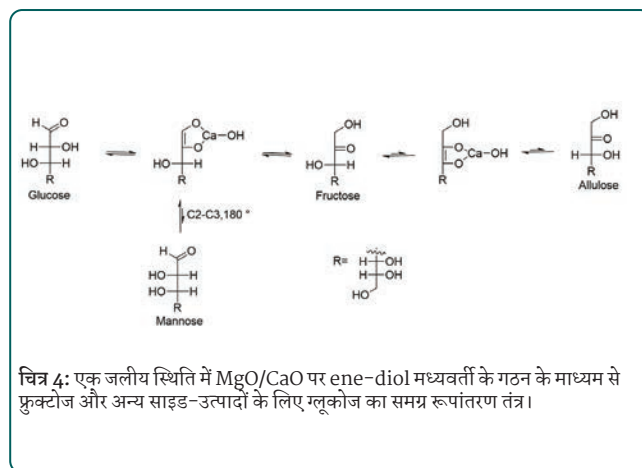
Figure 3. Impact of processing variables on EL formation and LA conversion: (a) effect of reaction time (1:8 LA to EtOH molar ratio, 25 °C, 3 wt.% catalyst); (b) effect of catalyst loading (1:8 LA to EtOH molar ratio, 25 °C, 9 h); (c) effect of LA to EtOH ratio (25 °C, 5 wt.% catalyst, 9 h).

होती है। हालांकि, आगे बढ़े हुए तापमान ने उत्पाद गठन को प्रभावित किया (~ 4% चयनात्मकता के साथ उपज में ~ 1% -बिंदु की कमी), जो उच्च गंभीरता की स्थिति (यानी, ब्रोन्स्टेड अम्ल साइटों और ऊंचा तापमान) के तहत बढ़े हुए उत्पाद निम्नीकरण के कारण होने की संभावना है। आमतौर पर, उच्च तापमान एक त्वरित एचएमएफ निम्नीकरण की ओर जाता है। ग्लूकोज भी एक हद तक गिरावट से गुजरता है; यह इंगित करता है कि ग्लूकोज और एचएमएफ साइड प्रतिक्रियाएं तापमान परिवर्तन के प्रति संवेदनशील हैं। अनुकूल रूप से, उत्प्रेरक ने अपेक्षाकृत कम तापमान के तहत अधिकतम उत्पादकता को सक्षम किया है, जिसे अम्लीय साइटों की बढ़ी हुई संख्या के लिए मान्यता प्राप्त है। इसी तरह, समय के प्रभाव (12 घंटे तक) और उत्प्रेरक लोडिंग (60% तक) का मूल्यांकन अन्य मापदंडों को स्थिर रखकर किया गया था (THF / H₂O और 140 °C का 2: 1 अनुपात)। प्रतिक्रियाओं को तापमान के प्रभाव के समान पाया गया था, यानी, एचएमएफ कॉन्क केवल इष्टतम और उससे परे तक बढ़ गया था, प्रतिक्रिया कठोरता के कारण उत्पाद की उपज में कमी आई थी (चित्र 3 सी एंड डी)। कुल मिलाकर, स्वतंत्र चर की प्रकृति की परवाह किए बिना, उन सभी का CD-SO₃H की उपस्थिति में ग्लूकोज अपघटन पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ा। आखिरकार, सेटअप ने लगभग पूर्ण अभिकारक रूपांतरण (~ 99%) (योजना 2) की प्राप्ति के माध्यम से इष्टतम परिस्थितियों (50% उत्प्रेरक लोडिंग पर 10 घंटे के लिए 140 डिग्री सेल्सियस) के तहत एक ~ 82% (मोल.) एचएमएफ उपज और 82% चयनात्मकता प्रदान की। यह निरंतर ग्लूकोज उत्प्रेरण करने के लिए सीडी की सतह पर -SO₃H समूहों के समान वितरण के लिए जिम्मेदार है। सादा PTSA ~ 97% की निकट-पूर्ण सबस्ट्रेट खपत के माध्यम से 30% HMF बर्दाश्त कर सकता है; यह एचएमएफ के बजाय अवांछित गिरावट उत्पादों के संश्लेषण पर PTSA की अतिसक्रिय प्रकृति को व्यक्त करता है। CD-SO₃H एच का उपयोग करके समृद्ध उत्पाद संश्लेषण को साइड प्रतिक्रियाओं को नियंत्रित करने और सबस्ट्रेट अपघटन को तेज करने के माध्यम से सीडी और -SO₃H एच प्रजातियों दोनों की समन्वित गतिविधि के रूप में व्याख्या की जा सकती है। इसके अलावा, परिणाम साहित्य रिपोर्टों के लिए तुलनीय है जो थोड़ी अधिक गंभीरता की स्थिति (तालिका एस 1) के तहत जटिल उत्प्रेरक को नियोजित करते हैं।

एल्काइल लेवुलिनेट (एस) के लिए ला एस्टरिफिकेशन पर CD- SO₃H की प्रभावशीलता: विश्लेषणात्मक लक्षण वर्णन के अलावा, ग्लूकोज का उपयोग करके एचएमएफ संश्लेषण के आशाजनक उपज परिणामों ने संश्लेषित सीडी-एसओ₃ एच की अम्लीय विशेषताओं की स्थापना की सुझाव देते हुए, ब्रोन्स्टेड एसिड साइटों एक समृद्ध एचएमएफ संश्लेषण के लिए अनुकूल हैं। CD- SO₃H की प्रवीणता को ध्यान में रखते हुए, इसे ईएल में एलए के एस्टरिफिकेशन के लिए नियोजित किया गया था। रूपांतरण केवल मध्यम / मजबूत अम्लीय परिस्थितियों के तहत एक प्रतिक्रिया पक्ष उत्पाद के रूप में एक पानी के अणु की रिहाई के साथ EtOH का उपयोग करके LA के एक कार्बोक्जिलिक समूह का प्रतिस्थापन है। ला के गठन पर समय के प्रभाव का अध्ययन करने के लिए यादृच्छिक उत्प्रेरक शर्तों को साहित्य से चुना गया था (LA / EtOH mol., 25 °C और 1.5% उत्प्रेरक लोड का 1: 8 अनुपात)। कमरे के तापमान पर 9 घंटे तक लंबी प्रतिक्रिया ने अधिकतम उत्पाद एकाग्रता (यानी, ~ 80% मोल. उपज और 94% चयनात्मकता) (अंजीर 4 ए और एस 7 ए एंड बी) को सक्षम किया। समय के संबंध में लगातार उत्पाद एकाग्रता में सुधार (2.5 गुना तक) ने संकेत दिया कि समय ईएल गठन को काफी प्रभावित करता है। दिलचस्प बात यह है कि उत्प्रेरक ने कम तापमान की स्थिति (25 डिग्री सेल्सियस) पर प्रतिक्रिया को बढ़ावा दिया, जो 85% ला रूपांतरण तक पहुंच गया; इसका तात्पर्य है कि प्रक्रिया लागत प्रभावी हो सकती है। इसी तरह, सबस्ट्रेट और EtOH की एकाग्रता पर उत्प्रेरक लोडिंग के प्रभावों को सत्यापित किया गया था। उनके पास समय के प्रभाव के रूप में एक समान प्रतिक्रिया थी (चित्र 4 बी एंड सी), यानी, इष्टतम और उससे परे तक उत्पाद एकाग्रता के साथ एक रैखिक वृद्धि, उत्पाद विकास में एक महत्वपूर्ण कमी (~ ईएल चयनात्मकता में 3-अंक की कमी और उच्च एलए खपत) उच्च गंभीरता की स्थिति के तहत एलए गिरावट के कारण। उच्च ला उपयोग उत्प्रेरक साइटों की एक बढ़ी हुई संख्या के तहत अवांछित पक्ष प्रतिक्रियाओं के लिए सहसंबद्ध किया जा सकता है। इस प्रकार, 5% wt. और 12-गुना EtOH मात्रा के उत्प्रेरक लोड को अधिकतम EL संश्लेषण के लिए इष्टतम स्थिति के रूप में देखा गया था। विशेषता रूप से, यह एक संतुलन रूपांतरण है और इस प्रकार, एक बैच रिएक्टर सेटअप में एक निकट-पूर्ण रूपांतरण प्राप्त करना एक उपलब्धि है। यह अतिरिक्त EtOH द्वारा

पानी के अणुओं के निरंतर विघटन के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है। इस क्रिया को ईटीओएच के प्रभाव के परिणाम से सत्यापित किया जा सकता है, जो 2 गुना उच्च ईएल एकाग्रता की प्राप्ति को दर्शाता है जब ईटीओएच का आकार 12 गुना तक बढ़ जाता है। एक बार फिर, उत्प्रेरक अपेक्षाकृत कम तापमान की स्थिति के तहत ईएल के लिए एलए के एक साफ रूपांतरण में सहायता की जाती है nanosized सीडी के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है जो ब्रोन्स्टेड अम्लीय साइटों की एक उच्च संख्या को उजागर करता है। परिणामों से, सभी प्रतिक्रिया पैरामीटर बहुत प्रभावशाली थे। इसके अलावा, उत्प्रेरक की क्षमता का मूल्यांकन अन्य एलए एस्टर के संश्लेषण में किया गया था, जैसे कि एमएल और 1-बीएल, इष्टतम परिस्थितियों में। प्रतिक्रियाओं ने क्रमशः 80% और 74% का एक समान उपज परिणाम प्राप्त किया (अंजीर)। S8a & b और S9)। 1-बीएल की थोड़ी कम उपज कार्बन परमाणुओं की बढ़ी हुई संख्या के कारण होने की संभावना है, जो मध्यवर्ती (ओं) को बनाने के लिए स्टीयरिक बाधा प्रदान कर सकती है। इसी तरह, तुलना के लिए, PTSA के प्रदर्शन का मूल्यांकन समान परिस्थितियों में किया गया था और देखा गया था कि यह एक मध्यम LA esterification को सक्षम कर सकता है, जिससे ~ 56% ईएल और 86% चयनात्मकता प्राप्त होती है। जबकि, उत्प्रेरक के बिना प्रतिक्रिया के परिणामस्वरूप ईएल का कम या कोई गठन नहीं हुआ। साहित्य के साथ परिणामों की तुलना करते समय, उत्प्रेरक ने प्रतिक्रिया को पछाड़ दिया, अपेक्षाकृत कम ऑपरेटिंग स्थितियों (यानी, 9 घंटे के लिए 25 डिग्री सेल्सियस) (तालिका एस 2) के तहत 85% ईएल उपज और 92% चयनात्मकता (योजना 3) का बेहतर परिणाम प्राप्त किया।

यहां, हमने बायोव्युत्पादित ग्लूकोज रूपांतरण में इसके आवेदन के लिए एक-पॉट तकनीक के माध्यम से कम लागत वाले कार्बन-आधारित ब्रोन्स्टेड एसिड उत्प्रेरक (CD- SO₃H) को संश्लेषित करने का एक नया तरीका प्रस्तुत किया। व्यावसायिक रूप से उपलब्ध सस्ती PTSA का उपयोग 1.028 mmol / g के उच्च एसिड घनत्व को प्रदर्शित करने वाले एक ठोस एसिड उत्प्रेरक को प्राप्त करने के लिए एक अग्रदूत के रूप में किया गया था; यह उत्प्रेरक की बड़े पैमाने पर तैयारी व्यवहार्यता को भी व्यक्त करता है। परिणाम ईंधन-ग्रेड यौगिकों की तैयारी में सीडी-एसओ₃ एच की बहुमुखी प्रतिभा का प्रदर्शन करते हैं। हालांकि, उच्च थर्मल परिस्थितियों (≥200 डिग्री सेल्सियस) के तहत इसकी अस्थिरता ने इसे ग्लूकोज का उपयोग करके एलए तैयारी की तैयारी से निष्कासित कर दिया; यह एक प्रत्यक्ष ऊर्जा यौगिक (यानी, ईएल) के लिए लिग्नोसेल्यूलोज के अनुक्रमिक परिवर्तन को प्रभावित करता है। उत्प्रेरक में प्रतिक्रिया का एक चिकनी निष्पादन था, जो निर्जलीकरण के माध्यम से 82% एचएमएफ उपज (82% चयनात्मकता) और मामूली प्रतिक्रिया स्थितियों के तहत एस्टरिफिकेशन के माध्यम से 85% ईएल उपज (92% चयनात्मकता) के रूप में उच्च प्राप्त करता था। इसके अलावा, उत्प्रेरक ने लेवुलिनिक एसिड एल्काइल एस्टर (जैसे एमएल और 1-बीएल) की अन्य किस्मों की तैयारी में दक्षता दिखाई। इस प्रकार, उपन्यास संश्लेषण विधि एक नैनोकैटालिस्ट प्रदान करती है जो - SO₃H समूहों के साथ सतह क्षेत्र के लगभग पूर्ण अधिभोग की अनुमति दे सकती है ताकि ब्रोन्स्टेड अम्लीय साइटों की पेशकश की जा सके और अपेक्षाकृत कम ऑपरेटिंग स्थिति के तहत सबस्ट्रेट (ओं) रूपांतरण को बढ़ावा दिया जा सके। कुल मिलाकर, सेटअप एक कम लागत वाली प्रसंस्करण तकनीक का प्रतिनिधित्व करता



60%) were evaluated by keeping other parameters constant (2:1 ratio of THF/H₂O and 140 °C). The responses were found to closely resemble the effect of temperature, i.e., the HMF conc. increased only up to the optimum and beyond, had a reduction in the product yield due to the reaction harshness (Fig. 3c&d). Overall, regardless of the nature of the independent variables, all of them had a significant impact on glucose decomposition in the presence of CDs-SO₃H. After all, the set-up afforded an ~82% (mol.) HMF yield and 82% selectivity under the optimum conditions (140 °C for 10 h at 50% catalyst loading) through the attainment of nearly complete reactant conversion (~99%) (Scheme 2). This is ascribed to the uniform distribution of the -SO₃H groups on the surface of CDs to perform continued glucose catalysis. The plain PTSA could afford 30% HMF through a near-complete substrate consumption of ~97%; this expresses the hyperactive nature of PTSA on the synthesis of unwanted degradation products rather than HMF. The enriched product synthesis using CDs-SO₃H can be interpreted as the coordinated activity of both CDs and -SO₃H species via controlling the side reactions and accelerating the substrate decomposition. Moreover, the result is comparable to the literature reports employing the complex catalysts under slightly higher severity conditions (Table S1).

Effectiveness of CDs-SO₃H on LA esterification to alkyl levulinate(s): In addition to the analytical characterization, the promising yield results of HMF synthesis using glucose established the acidic characteristics of the as-synthesized CDs-SO₃H. Suggesting, Brønsted acid sites are favorable for an enriched HMF synthesis. Considering the proficiency of CDs-SO₃H, it was employed for the esterification of LA into EL. The conversion is simply the replacement of a carboxylic group of LA using EtOH with the release of a water molecule as a reaction side product under medium/strong acidic conditions. The random catalytic conditions to study the effect of time on the formation of LA were chosen from the literature (1:8 ratio of LA/EtOH mol., 25 °C and 1.5% catalyst load). The prolonged reaction up to 9 h at room temperature enabled a maximum product concentration (i.e., ~80% mol. yield and 94% selectivity) (Figs. 4a and S7a&b). The consistently improving product concentration with respect to the time (up to 2.5-fold) indicated that time significantly impacts EL formation. Interestingly, the catalyst promoted the reaction at low-temperature conditions (25 °C), reaching up to 85% LA conversion; this implies that the process can be cost-effective. Similarly, the effects of the catalyst loading on the substrate and concentration of EtOH were verified. They had a similar response as the effect of time (Fig. 4b&c), i.e., a linear increment with product concentration up to the optimum and beyond, a significant decrement in the product development (~3-points decrease in EL selectivity and higher LA consumption) due to LA degradation under higher severity conditions. The higher LA utilization can be correlated to the unwanted side reactions under an increased number of catalytic sites. Thus, the catalyst load of 5% wt. and 12-times EtOH volume were observed to be the optimum conditions for maximum EL synthesis. Characteristically, it is an equilibrium conversion and thus, achieving a near-complete conversion in a batch reactor setup is an achievement. This is attributed to the continuous dissolution of the water molecules by excess EtOH. This action can be verified from the result of the effect of EtOH, which shows the attainment of a 2-fold higher EL concentration when the size of EtOH increased to 12-times. Once again, the catalyst assisted in a neat conversion of LA to EL under relatively lower temperature conditions is attributed to the nano-sized CDs exposing a higher number of Brønsted acidic sites. From the results, all reaction parameters were very influential. Furthermore, the catalyst's potential was assessed in the synthesis of other LA esters, such as ML and 1-BL, under optimum conditions. The reactions achieved a similar yield result of 80% and 74%, respectively (Figs. S8a&b and S9). The slightly lower

yield of 1-BL is likely caused due to the increased number of carbon atoms, which can offer steric hindrance to forming the intermediate(s). Similarly, for comparison, the performance of PTSA was evaluated under similar conditions and observed that it could enable a moderate LA esterification, yielding an ~56% EL and 86% selectivity. Whereas, the reaction without the catalyst resulted in less or no formation of EL. While comparing the results with the literature, the catalyst outperformed the reaction, achieving a better result of 85% EL yield and 92% selectivity (Scheme 3) under relatively lower operating conditions (i.e., 25 °C for 9 h) (Table S2).

Here, we presented a new method of synthesizing a low-cost carbon-based Brønsted acid catalyst (CDs-SO₃H) via the one-pot technique for its application in bioderived glucose conversion. The commercially available inexpensive PTSA was used as a precursor to obtaining a solid acid catalyst exhibiting a higher acid density of 1.028 mmol/g; this also expresses the large-scale preparation feasibility of the catalyst. The results demonstrate the versatility of CDs-SO₃H in the preparation of fuel-grade compounds. However, its instability under higher thermal conditions (≥200 °C) expelled it from the preparation of LA preparation using glucose; this affects the sequential transformation of lignocellulose to a direct energy compound (i.e., EL). The catalyst had a smooth execution of the reaction, achieving as high as 82% HMF yield (82% selectivity) via dehydration and 85% EL yield (92% selectivity) via esterification under modest reaction conditions. Moreover, the catalyst showed proficiency in the preparation of other varieties of levulinic acid alkyl esters (such as ML and 1-BL). Thus, the novel synthesis method delivers a nanocatalyst that can permit a nearly complete occupancy of the surface area with -SO₃H groups to offer the Brønsted acidic sites and promote the substrate(s) conversion under a relatively lower operating condition. Overall, the setup represents a low-cost processing technology to directly convert the bioderived molecules into potential fuel-grade compounds to reduce reliance on non-renewable petroleum fuels.

MgO/CaO nanocomposite facilitates economical production of D-fructose and D-allulose using glucose and its response prediction using a DNN model

In this activity, we developed a method for the economical production of fructose and allulose (a valuable byproduct) directly from glucose over MgO/CaO nanocomposite under an aqueous condition. The catalyst containing MgO and CaO at an equal proportion helped manipulate the inherent characteristic of CaO, particularly strong basicity and surface properties. The analytical characterizations revealed that the structural assembly is such that MgO settles at the surface to initiate the isomerization reaction by providing a higher

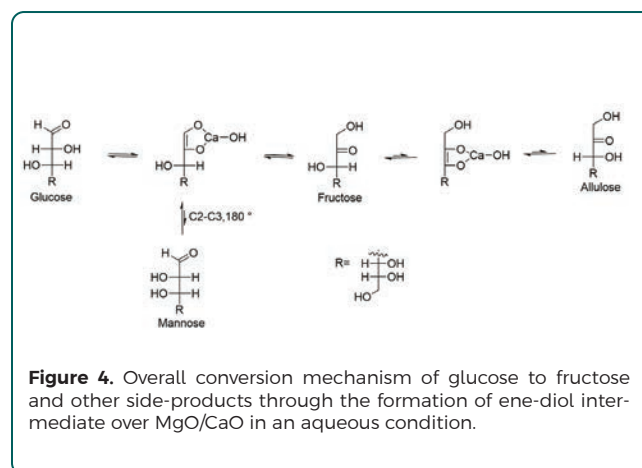
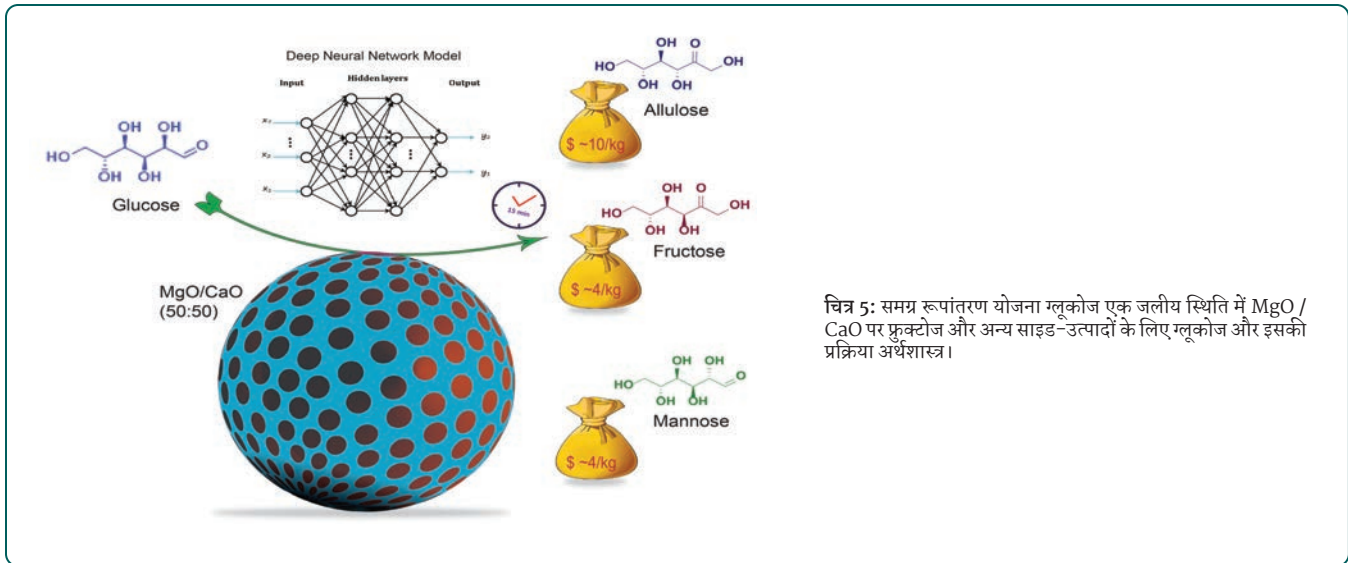


Figure 4. Overall conversion mechanism of glucose to fructose and other side-products through the formation of ene-diol intermediate over MgO/CaO in an aqueous condition.



चित्र 5: समय रूपांतरण योजना ग्लूकोज एक जलीय स्थिति में MgO / CaO पर फ्रुक्टोज और अन्य साइड-उत्पादों के लिए ग्लूकोज और इसकी प्रक्रिया अर्थशास्त्र।

है जो बायोड्युरेटिव अणुओं को सीधे संभावित ईंधन-ग्रेड यौगिकों में परिवर्तित करता है ताकि गैर-नवीकरणीय पेट्रोलियम ईंधन पर निर्भरता को कम किया जा सके।

MgO / CaO नैनोकम्पोजिट एक DNN मॉडल का उपयोग करके ग्लूकोज और इसकी प्रतिक्रिया भविष्यवाणी का उपयोग करके डी-फ्रुक्टोज और डी-एलुलोज के किफायती उत्पादन की सुविधा प्रदान करता है

इस गतिविधि में, हमने फ्रुक्टोज और एलुलोज (एक मूल्यवान उपोत्पाद) के किफायती उत्पादन के लिए एक विधि विकसित की है जो सीधे एक जलीय स्थिति के तहत MgO / CaO नैनोकम्पोजिट पर ग्लूकोज से है। एक समान अनुपात में MgO और CaO युक्त उत्प्रेरक ने CaO की अंतर्निहित विशेषता, विशेष रूप से मजबूत बुनियादीता और सतह गुणों में हेरफेर करने में मदद की। विश्लेषणात्मक विशेषताओं से पता चला है कि संरचनात्मक असेंबली ऐसी है कि MgO कमजोर / मध्यम आधार साइटों की एक उच्च संख्या प्रदान करके समावयवन प्रतिक्रिया शुरू करने के लिए सतह पर बस जाता है। नीचे CaO एनोल-मध्यवर्ती को अंतिम फ्रुक्टोज और उपोत्पादों (मैननोज और एलुलोज) के अनुक्रमिक रूपांतरण का कार्य करता है, जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। इस प्रकार, उत्प्रेरक ने 15 मिनट के भीतर 80% चयनात्मकता के साथ 33% डब्ल्यूटी फ्रुक्टोज उपज के रूप में उच्च प्राप्त करने के लिए ग्लूकोज अंतरापरिणामन को तेज कर दिया। उसी समय, इसने एलुलोज (एक कम कैलोरी चीनी अणु) उत्पन्न करने के लिए सी-3 फ्रुक्टोज एपीमरीकरण भी शुरू किया। इसके अलावा, अपनाया DNN मॉडलिंग अच्छी तरह से MAE <5% के रूप में उत्प्रेरक प्रतिक्रिया की भविष्यवाणी की। तकनीकी-आर्थिक विश्लेषण ने विभिन्न उत्पादों के न्यूनतम विक्रय मूल्य का अनुमान लगाया है, जैसा कि यूएस \$ ~ 4 / किग्रा (फ्रुक्टोज), \$ ~ 4 / किग्रा (मैननोज), और \$ ~ 10 / किग्रा (एलुलोज) के रूप में है, जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। इसके अलावा, MgO / CaO (1: 1 अनुपात) उत्प्रेरित प्रतिक्रिया के कैनेटीक्स ने खुलासा किया कि रूपांतरण $7.34 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ के दर स्थिरांक (k) के साथ पहले क्रम के कैनेटीक्स का पालन करता है। इस प्रकार, यह प्रक्रिया ग्लूकोज का उपयोग करके चीनी (ओं) के स्थायी उत्पादन के लिए एक किफायती और स्केलेबल तकनीक का प्रतिनिधित्व करती है जिसे प्रचुर मात्रा में उपलब्ध लिग्नोसेल्युलॉसिक बायोमास सबस्ट्रेट से प्राप्त किया जा सकता है।

प्रमुख उपलब्धियां

- सक्रिय प्रजातियों की पदानुक्रमिक व्यवस्था ने प्रतिक्रियाओं को कैस्केड फैशन में आगे बढ़ने की अनुमति दी, यानी, निर्जलीकरण के बाद ग्लूकोज समावयवन। सभी संश्लेषित उत्प्रेरकों में से जिसमें उत्प्रेरण के लिए नियोजित विभिन्न Sn स्तर शामिल थे, ST1 में 1% Sn होने से प्रतिक्रिया को प्रेरित किया गया, अधिकतम उत्पादकता को सक्षम किया गया, यानी, 57.2% डब्ल्यूटी 5-एचएमएफ उपज और मामूली प्रतिक्रिया स्थितियों के तहत 80.2% चयनात्मकता।
- सरल एक-पात्र व्यवस्था 5-एचएमएफ के लिए प्रत्यक्ष ग्लूकोज रूपांतरण के लिए एक औद्योगिक रूप से व्यवहार्य और टिकाऊ प्रसंस्करण मॉडल का प्रतिनिधित्व करता है।
- MgO / CaO नैनोकम्पोजिट ने 15 मिनट के भीतर अधिकतम रूपांतरण (फ्रुक्टोज 33% wt. 80% चयनात्मकता, एलुलोज ~ 3% wt. और मन्नोज ~ 4% wt.) प्राप्त किया, जो विशिष्ट विषम उत्प्रेरण की तुलना में काफी छोटा है।
- अंतरिम आर्थिक विश्लेषण ने फ्रुक्टोज, मैननोज और एलुलोज उत्पादों के एमएसपी को क्रमशः यूएस \$ 3.91 / किग्रा, \$ 4.12 / किग्रा और \$ 10.22 / किलोग्राम के रूप में अनुमानित किया, जो उत्पादों के वर्तमान बाजार मूल्य की तुलना में अपेक्षाकृत सस्ता है।

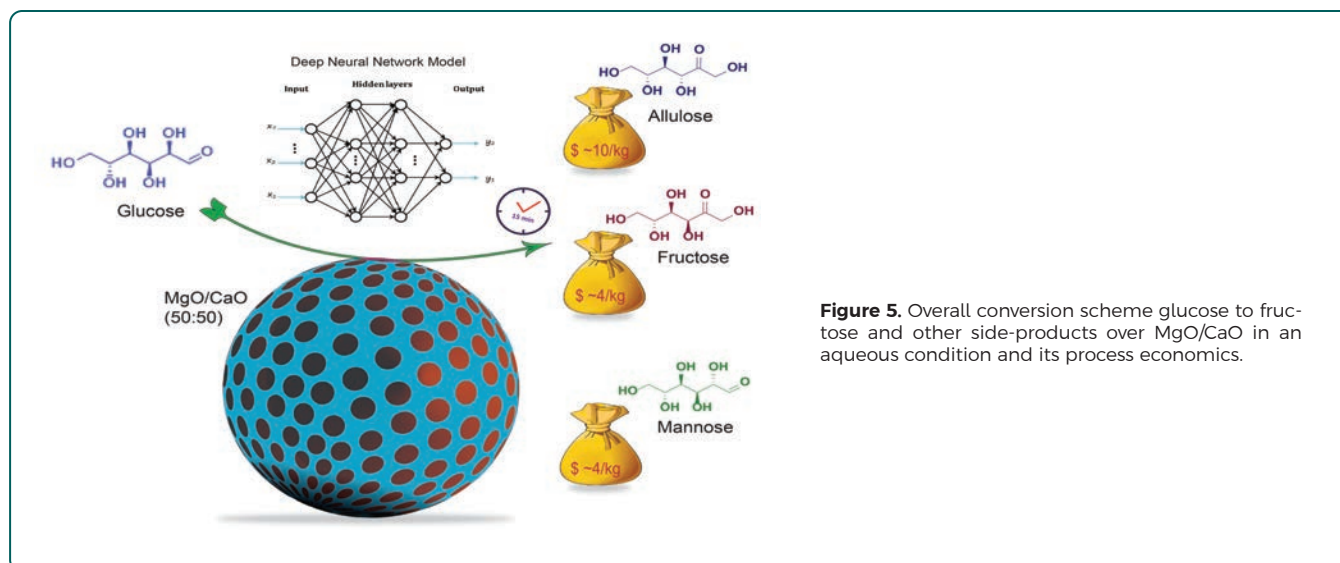


Figure 5. Overall conversion scheme glucose to fructose and other side-products over MgO/CaO in an aqueous condition and its process economics.

number of weak/medium base sites. The beneath CaO undertakes the sequential conversion of the enol-intermediate to ultimate fructose and byproducts (mannose and allulose), as shown in Fig. 1. Thus, catalysts accelerated the glucose interconversion to obtain as high as 33% wt. fructose yield with 80% selectivity within 15 min. At the same time, it also initiated the C-3 fructose epimerization to yield allulose (a low-calorie sugar molecule). Moreover, the adopted DNN modeling well predicted the catalytic response as MAE <5%. The techno-economic analysis estimated the minimum selling price of different products as US \$ ~4/kg (fructose), \$ ~4/kg (mannose), and \$ ~10/kg (allulose), as shown in Fig. 2. Furthermore, the kinetics of the MgO/CaO (1:1 ratio) catalyzed reaction disclosed that the conversion obeys the first-order kinetics with a rate constant (k) of $7.34 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$. Thus, the process represents an economical and scalable technology for the sustainable production of sugar(s) using glucose that can be obtained from the abundantly available lignocellulosic biomass substrates.

Salient Achievements

- ◆ The hierarchical arrangement of the active species allowed the reactions to proceed in a cascade fashion, i.e., glucose isomerization followed by dehydration. Of all the as-synthesized catalysts that contained varied Sn levels employed for the catalysis, ST1 having 1% Sn prompted the reaction, enabling maximum productivity, i.e., 57.2% wt. 5-HMF yield and 80.2% selectivity under modest reaction conditions.
- ◆ The facile one-pot setup represents an industrially feasible and sustainable processing model for direct glucose conversion to 5-HMF.
- ◆ The MgO/CaO nanocomposite attained the maximum conversion (fructose 33% wt. with 80% selectivity, allulose ~3% wt. and mannose ~4% wt.) within 15 min, which is quite shorter than the typical heterogeneous catalysis.
- ◆ The tentative economic analysis estimated the MSPs of fructose, mannose and allulose products as US \$ 3.91/kg, \$ 4.12/kg and \$ 10.22/kg, respectively, which are relatively cheaper than the current market price of the products.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ. जयीता भौमिक
वैज्ञानिक-ई

रिसर्च फेलो
डॉ महेश पाटिल, डॉ सीमा किरार,
डॉ संजम चंदना, सुश्री रवनीत कौर,
श्री येहुला निखिलेश्वर रेड्डी, सुश्री शताब्दी पॉल, श्री अनिल पुजारी,
श्री कुणाल गोगड़े, सुश्री वर्षा सागर

विशेषज्ञता
लिग्निन वैलोराइजेशन, लिग्निन आधारित नैनो और कार्यात्मक सामग्री,
पॉलीपायरोलिक यौगिक।

कृषि अपशिष्ट से उत्पन्न लिग्निन एक व्यापक रूप से उपलब्ध बायोपॉलिमर है जिसमें एंटीऑक्सिडेंट, जीवाणुरोधी, यूवी-अवरोधक, चिपकने वाला और अन्य गुण होते हैं। इस संबंध में, लिग्निन कार्यात्मक सामग्री जैसे नैनोमैटेरियल्स, कोटिंग्स, फिल्म, उत्प्रेरक, और इसी तरह के विकास के लिए एक संभावित सामग्री है। एक लिग्निन-आधारित सीडीएस क्वांटम डॉट्स को एक सरल तकनीक का उपयोग करके संश्लेषित किया गया और आगे कोटिंग सामग्री के रूप में विकसित किया गया। प्रकाश के संपर्क में आने के बाद ऐसी सामग्री ने संभावित जीवाणुरोधी गतिविधि का प्रदर्शन किया। इस तरह की कोटिंग में बायोमैडिकल उपकरणों और व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरणों को कीटाणुरहित करने की क्षमता होती है।

विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए कार्यात्मक सामग्री प्राप्त करने के लिए कृषि-बायोमास-आधारित लिग्निन का उपयोग:

इसके अलावा, लिग्निन का उपयोग TiO_2 और ZnO नैनोकणों को तैयार करने के लिए किया गया था, जिन्हें तब लिग्निन-आधारित कोटिंग में डोप किया गया था। इस तरह के नैनोकणों का उपयोग कई फोटोकैटलिटिक अनुप्रयोगों में किया गया है जैसे कि मेथिलीन ब्लू (एमबी) और कांगो रेड (सीआर) रंगों का उपयोग करके ड्राई डिग्रेडेशन। लिग्निन ने एजेंट को कम करने और स्थिर करने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाई जो तांबे के लवण को तांबे के आयनों में परिवर्तित करता है और फिर नैनोकणों के रूप में स्थिर होता है। इसके अतिरिक्त, लिग्निन-आधारित कॉपर ऑक्साइड नैनोकणों के साथ महत्वपूर्ण रोगजनक अवरोध प्राप्त किया गया था। नतीजतन, लिग्निन-आधारित उत्पादों को अपशिष्ट जल की सफाई के लिए कोटिंग्स और फिल्मों के रूप में रोगजनक उन्मूलन को प्रदर्शित करने के लिए आर्थिक और जैव-संगत सामग्री के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

लिग्निन-आधारित सीडीएस डॉट्स हेवी मेटल और पैथोजन सेंसर और पहनने योग्य फोटोडायनामिक कोटिंग्स के रूप में लिग्निन: एक प्राकृतिक बायोपॉलिमर, बायोमैडिकल अनुप्रयोगों में उपयोग के लिए नैनोमैटेरियल्स और कोटिंग एजेंट बनाने के लिए एक स्थायी और सुरक्षित स्रोत है। इसलिए हमने सेंसिंग और फोटोडायनामिक थैरेपी अनुप्रयोगों में उपयोग के लिए लिग्निन-आधारित कैडमियम सल्फाइड क्वांटम डॉट्स ($L@CdS$ QDs) तैयार करने के लिए एक सरल, एक-पाट और हरित रणनीति विकसित की है।

फ्लोरोसेंट जांच, QDs के संश्लेषण को मान्य करने के लिए क्वांटम डॉट्स का लक्षण वर्णन किया गया था। इस लाइन में, यूवी-विज स्पेक्ट्रम दर्ज किया गया था, जिसमें लिग्निन की विशेषता शिखर 280 एनएम पर लिग्निन में उपलब्ध फेनोलिक समूहों के $\pi - \pi^*$ संक्रमण के प्रतीक के रूप में पाया गया था। चित्रा 1 (i) 365 एनएम पर एल @ सीडीएस क्यूडी के अद्वितीय कंधे को दिखाता है जो मानक लिग्निन अवशोषण शिखर में एक रेडशिफ्ट को दर्शाता है जो लिग्निन मैट्रिक्स के अंदर सीडीएस क्यूडी के बयान के लिए सबूत का एक टुकड़ा प्रदान करता है। चित्र 2 (i) b ने प्रदर्शित किया कि $L@CdS$ QDs का उच्चतम उत्सर्जन 490 एनएम पर देखा गया। इसके बाद, लिग्निन-व्युत्पन्न CdS QDs [चित्र 1(ii) a, b] की उच्च-रिजॉल्यूशन ट्रांसमिशन माइक्रोस्कोपी (एचआर-टीईएम) छवि से पता चलता है कि CdS QDs लिग्निन मैट्रिक्स पर एम्बेडेड हैं जो CdS के सफल संश्लेषण की पुष्टि करता है। क्यूडी. विशेष रूप से, लिग्निन का उपयोग क्वांटम डॉट्स के विकास के लिए एक स्थिर एजेंट के रूप में किया गया है। उच्च-रिजॉल्यूशन ट्रांसमिशन इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एचआरटीईएम) ने दिखाया कि सीडीएस क्यूडी को लिग्निन मैट्रिक्स में एम्बेड किया गया है जो औसत कण आकार 5 एनएम प्रदर्शित करता है। प्रारंभ में, ऐसे लिग्निन-आधारित QDs का उपयोग भारी धातु संवेदन में धातुओं की एक बड़ी श्रृंखला (जैसे Hg^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}) की जांच करके किया गया था। ये क्यूडी पानी के विभिन्न नमूनों में मौजूद पारा और तांबे के आयनों

BIOPRODUCT CHEMISTRY



Dr. Jayeeta Bhaumik
Scientist-E

Research Fellows

Dr Mahesh Patil; Dr Seema Kirar
Dr Sanjam Chandna; Ms Ravneet Kaur
Mr Yeddula Nikhileshwar Reddy
Ms Shatabdi Paul; Mr Anil Pujari
Mr Kunal Gogde; Ms Varsha Sagar

Expertise: Lignin valorization, lignin based nano and functional materials, polypyrrolic compounds.

Lignin generated from agricultural waste is a widely available biopolymer having antioxidant, antibacterial, UV-blocking, adhesiveness and other properties. In this regard, lignin is a potential material for the development of functional materials such as nanomaterials, coatings, films, catalyst, and so on. A lignin-based CdS quantum dots were synthesized using a simpler technique and further developed as coating material. Such material demonstrated potential antibacterial activity after being exposed to light. Such coating has the capacity to disinfect biomedical devices and personal protective equipment.

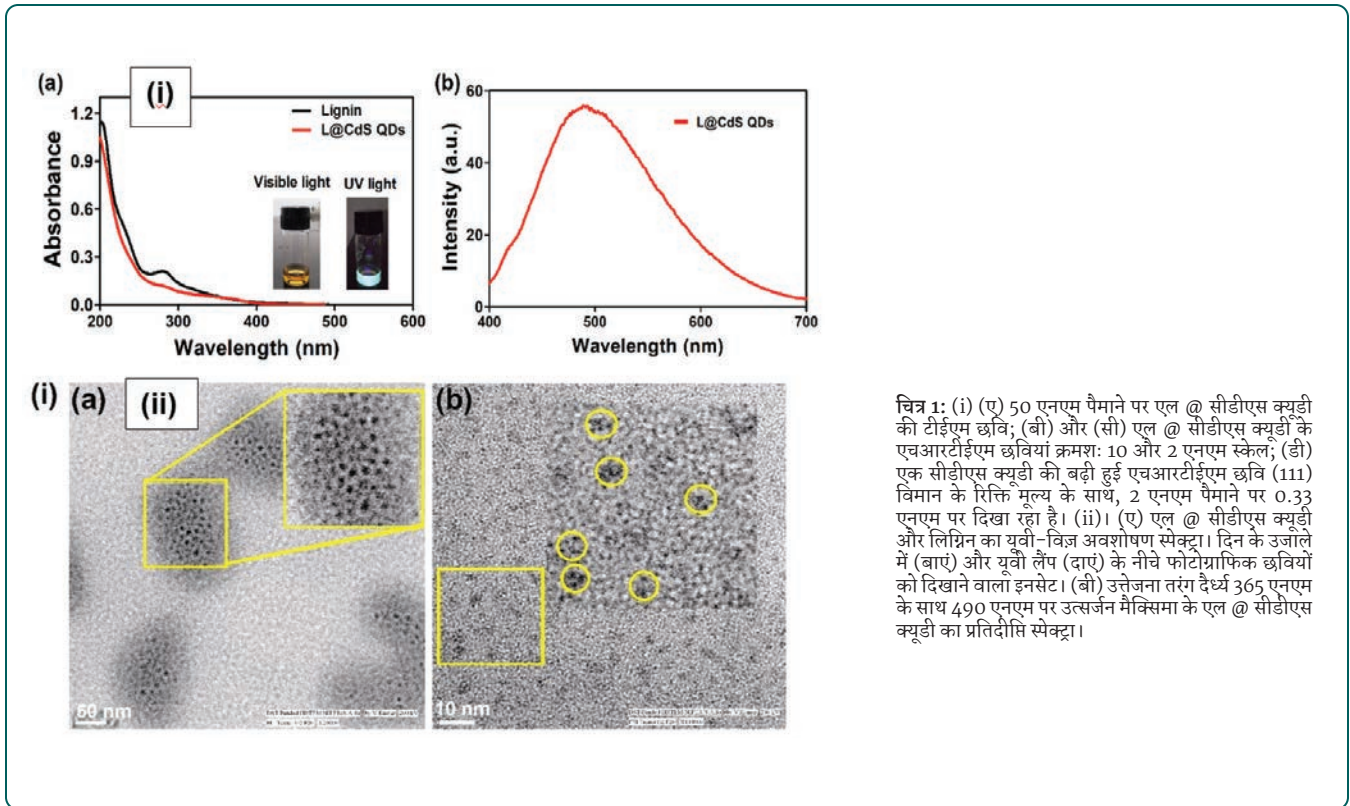
Utilization of agri-biomass-based lignin to derive functional materials for various applications

In addition, lignin was used to prepare TiO₂ and ZnO nanoparticles, which were then doped into a lignin-based coating. Such nanoparticles have been utilized in numerous photocatalytic applications such as dye degradation using methylene blue (MB) and congo red (CR) dyes. Lignin also played pivotal role in reducing and stabilizing agent which convert copper salts into copper ions and then stabilize in the form of nanoparticles. Additionally, significant pathogen inhibition was achieved with lignin-based copper oxide nanoparticles. As a result, lignin-based products can be utilized as economic and biocompatible materials to demonstrate pathogen eradication as coatings and films for waste water clean-up.

Lignin-based CdS dots as heavy metal & pathogen sensors and wearable photodynamic coatings: Lignin, a natural biopolymer, is a sustainable and safe source to fabricate nanomaterials and coating agents for use in biomedical applications. We have therefore developed a simple, one-pot, and green

strategy to prepare lignin-based cadmium sulphide quantum dots (L@CdS QDs) for use in sensing and photodynamic therapy applications. Characterization of quantum dots was done to validate the synthesis of the fluorescent probe, QDs. In this line, UV-Vis spectrum was recorded, in which the characteristic peak of lignin was found at 280 nm symbolizing to $\pi - \pi^*$ transition of the phenolic groups available in lignin. Figure 1 (i) a shows the unique shoulder of L@CdS QDs at 365 nm depicting a redshift in the standard lignin absorbance peak which provides a shred of evidence for the deposition of CdS QDs inside the lignin matrix. Figure 2 (i) b displayed that the highest emission of the L@CdS QDs was observed at 490 nm. Next, the high-resolution transmission microscopy (HR-TEM) image of lignin-derived CdS QDs [Figure 1(ii) a, b], reveal that the CdS QDs are embedded on the lignin matrix which confirms the successful synthesis of the CdS QDs. Notably, lignin has been utilized as a stabilizing agent for the development of quantum dots. The high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) showed that the CdS QDs have been embedded in the lignin matrix exhibited an average particle size of 5 nm.

Initially, such lignin-based QDs were utilized in heavy metal sensing by screening a large range of metals (e.g. Hg²⁺, Co²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺). These QDs were highly selective towards sensing mercury and copper ions present in various water samples (Figure 2). The lignin-based QDs were also effective towards bacterial sensing. The promising reactive oxygen generation capability of such quantum dots prompted us to explore their potential in light-assisted antibacterial photodynamic activity (aPDT). Benefiting from the ease of synthesis and promising photodynamic properties, the QDs were next employed for the fabrication of wearable coatings. Interestingly, such lignin-based QD-derived coatings



चित्र 1: (i) (ए) 50 एनएम पैमाने पर एल @ सीडीएस क्यूडी की टीईएम छवि; (बी) और (सी) एल @ सीडीएस क्यूडी के एचआरटीईएम छवियां क्रमशः 10 और 2 एनएम स्केल; (डी) एक सीडीएस क्यूडी की बड़ी हुई एचआरटीईएम छवि (111) विमान के रिक्ति मूल्य के साथ, 2 एनएम पैमाने पर 0.33 एनएम पर दिखा रहा है। (ii)। (ए) एल @ सीडीएस क्यूडी और लिग्निन का यूवी-विज अवशोषण स्पेक्ट्रा। दिन के उजाले में (बाएँ) और यूवी लैंप (दाएँ) के नीचे फोटोग्राफिक छवियों को दिखाने वाला इनसेट। (बी) उत्तेजना तरंग दैर्ध्य 365 एनएम के साथ 490 एनएम पर उत्सर्जन मैक्सिमा के एल @ सीडीएस क्यूडी का प्रतिदीप्ति स्पेक्ट्रा।

को समझने के लिए अत्यधिक चयनात्मक थे (चित्र 2)। लिग्निन-आधारित QDs बैक्टीरियल सेंसिंग की दिशा में भी प्रभावी थे।

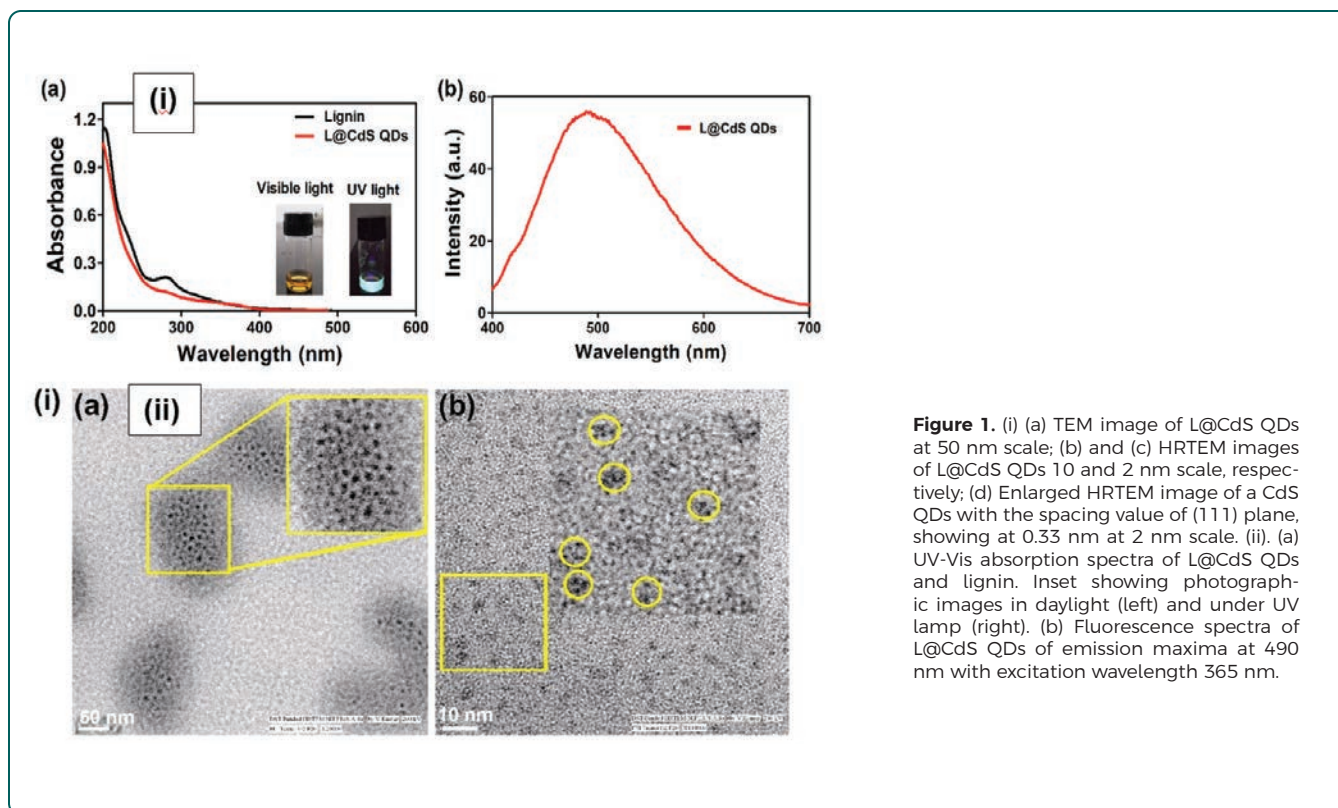
ऐसे क्वांटम डॉट्स की आशाजनक प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन उत्पादन क्षमता ने हमें प्रकाश-सहायता प्राप्त जीवाणुगोधी फोटोडायनामिक गतिविधि (एपीडीटी) में उनकी क्षमता का पता लगाने के लिए प्रेरित किया। संश्लेषण में आसानी और होनहार फोटोडायनामिक गुणों से लाभान्वित, QDs को अगली बार पहनने योग्य कोटिंग्स के निर्माण के लिए नियोजित किया गया था। दिलचस्प बात यह है कि इस तरह के लिग्निन-आधारित क्यूडी-व्युत्पन्न कोटिंग्स व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण और बायोमैडिकल उपकरणों से बैक्टीरिया को मिटाने के लिए अत्यधिक प्रभावी थे जैसा कि चित्र 3 (जैसे मुखौटा, दस्ताने और कैंची, आदि) में दिखाया गया है। यह कार्य

व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण और बायोमैडिकल उपकरणों को कीटाणुरहित करने की क्षमता के साथ प्राकृतिक बायोपॉलिमर-आधारित नैनोमटेरियल्स को डिजाइन करने का एक स्मार्ट तरीका प्रदान करता है।

लिग्निन-आधारित धातु ऑक्साइड और बाईमेटल ऑक्साइड (ZnO, TiO₂, और ZnO-TiO₂) नैनोकम्पोजिट संश्लेषण, लक्षण वर्णन और फोटोकैटलिसिस में अनुप्रयोग हाल के वर्षों में, TiO₂ और ZnO नैनोकणों का उपयोग कई फोटोकैटलिटिक अनुप्रयोगों में किया गया है। इन नैनोकणों को उनकी अच्छी फोटोकैटलिटिक गतिविधि, लागत प्रभावशीलता, स्थिरता और गैर-विषाक्तता कारण बड़े पैमाने पर माना गया है। TiO₂ और ZnO- आधारित नैनो-फोटोकैटलिस्ट के कुछ नुकसान हैं जैसे कि विस्तृत बैंडगैप, और इलेक्ट्रॉन-



चित्र 2: विभिन्न धातु आयनों (Hf²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, Hg²⁺, Co²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, और Cr²⁺) के प्रति संवेदन क्षमता का मूल्यांकन करने के लिए L@CdS QDs की डिजिटल छवि।



were highly effective to eradicate bacteria from personal protective equipment and biomedical devices as shown in Figure 3 (such as mask, gloves, and scissors, etc.). This work paves a smart way to design natural biopolymer-based nanomaterials with the capability to disinfect personal protective equipment and biomedical devices.

Lignin-based metal oxide and bimetal oxide (ZnO, TiO₂, and ZnO-TiO₂) nanocomposite synthesis, characterization and application in photocatalysis: In recent years, TiO₂ and ZnO nanoparticles have been utilized in numerous photocatalytic applications. These nanoparticles have been extensively considered owing to their good photocatalytic activity, cost effectiveness, stability, and nontoxicity. The TiO₂ and

ZnO-based nano-photocatalyst have some disadvantages such as wide bandgap, and recombination of electron-hole pairs limiting their practical use. The use of coupled photocatalyst is considered as an alternative to enhance the photocatalytic activity of metal oxide nanoparticles (MONPs) by preventing electron-hole pair recombination.

Earlier research studies have shown that combining ZnO and TiO₂ into a hybrid nanocomposite could increase their photocatalytic ability. The combining of TiO₂ and ZnO quenches the recombination rate of electron-hole pairs therefore greater photocatalytic efficiency can be accomplished. So far, there are limited reports on the synthesis of ZnO-TiO₂ nanoparticles by different procedures. However, most of the

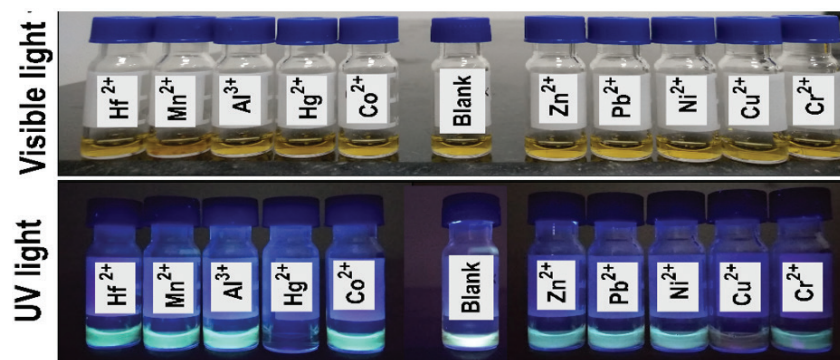
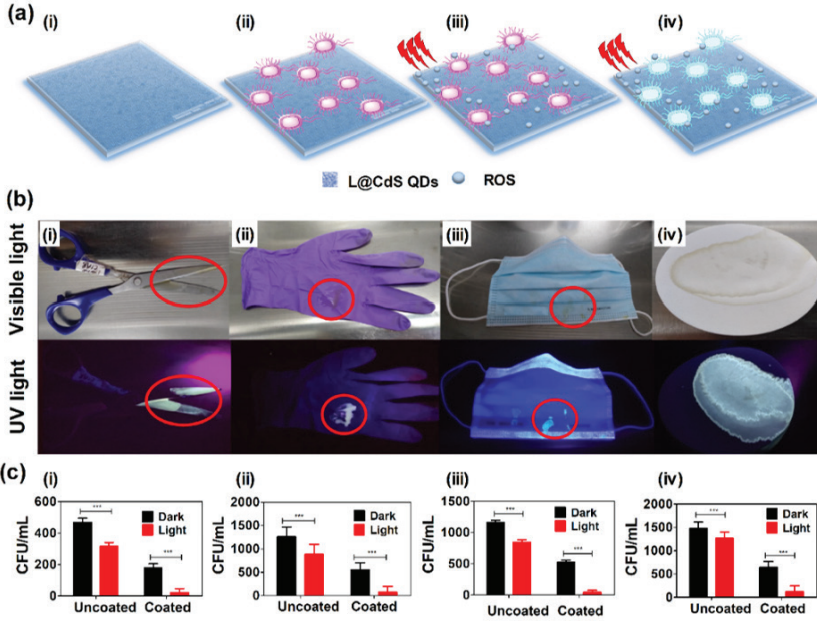


Figure 2. Digital image of L@CdS QDs to evaluate the sensing ability towards different metal ions (Hf²⁺, Mn²⁺, Al³⁺, Hg²⁺, Co²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, and Cr²⁺).

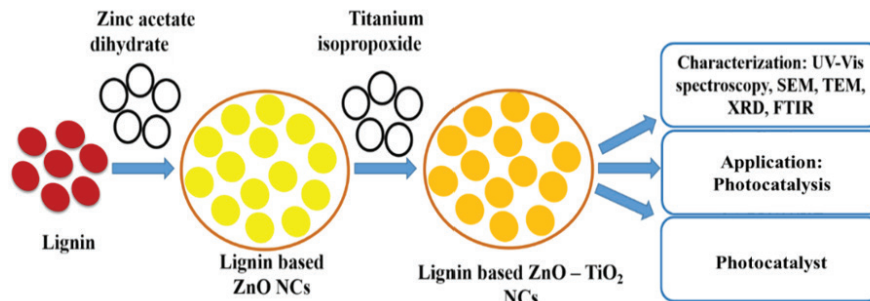


चित्र 3: (ए) आरओएस के उत्पादन के लिए उपयोग किए जाने वाले एल @ सीडीएस क्यूडी के साथ प्रकाश-प्रेरित जीवाणुरोधी फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए योजनाबद्ध चित्रण। (i) L@CdS QDs (गहरा नीला रंग) एक स्थलाकृतिक सतह पर लगाया जाता है। (ii) जीवाणु आक्रमण L@CdS QDs की सतह पर होता है। (iii) L@CdS QDs प्रकाश की सक्रियता के तहत ROS पीढ़ी को सक्षम बनाता है। (iv) जारी आरओएस प्रकाश विकिरण पर एल @ सीडीएस क्यूडी का उपयोग करके बैक्टीरिया की मृत्यु को ट्रिगर करता है। (बी) विभिन्न सबस्ट्रेट्स को छवियाँ: (i) कैची, (ii) दस्ताने, (iii) मास्क, और (iv) एल @ सीडीएस क्यूडी (लाल घेरा हुआ) के साथ लेपित कागज। (सी) एल @ सीडीएस क्यूडी के जीवाणुरोधी फोटोडायनामिक प्रदर्शन (i) कैची, (ii) दस्ताने, (iii) मुखौटा, और (iv) ई। कोलाई कोशिकाओं के खिलाफ कागज; काली पट्टियाँ अंधेरे परिस्थितियों में अगर प्लेटों पर सीएफयू को नियंत्रण के रूप में दर्शाती हैं और 1 घंटे के लिए प्रकाश उपचार के बाद लाल पट्टियाँ (***) पी < 0.0001 बनाम नियंत्रण, लाल पट्टियाँ बैक्टीरियल कॉलोनी में कमी में महत्वपूर्ण दिखा रही हैं)।

छेद जोड़े का पुनर्संयोजन उनके व्यावहारिक उपयोग को सीमित करता है। युग्मित फोटोकैटलिटिक के उपयोग को इलेक्ट्रॉन-छेद जोड़ी पुनर्संयोजन को रोककर धातु ऑक्साइड नैनोकणों (एमओएनपी) की फोटोकैटलिटिक गतिविधि को बढ़ाने के विकल्प के रूप में माना जाता है।

पहले के शोध अध्ययनों से पता चला है कि ZnO और TiO₂ को एक हाइब्रिड नैनोकम्पोजिट में मिलाने से उनकी फोटोकैटलिटिक क्षमता बढ़ सकती है। TiO₂ और ZnO का संयोजन इलेक्ट्रॉन-छेद जोड़े की पुनर्संयोजन दर को बुझाता है इसलिए अधिक से अधिक फोटोकैटलिटिक दक्षता हासिल की जा सकती है। अब तक, विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा ZnO-TiO₂ नैनोकणों के संश्लेषण पर सीमित रिपोर्टें हैं। हालांकि, ZnO-TiO₂ नैनोकणों के संश्लेषण के लिए रिपोर्ट किए गए अधिकांश तरीकों में उच्च तापमान, सर्फेक्टेंट और जहरीले रसायनों का उपयोग शामिल है, जो हरित संश्लेषण विधियों के आविष्कार की आवश्यकता है। इस काम में, लिग्निन का उपयोग कैपिंग और स्थिरीकरण एजेंट के रूप में ZnO-TiO₂ को संश्लेषित करने के लिए एक नया हरा दृष्टिकोण डिजाइन किया गया था। लिग्निन-आधारित बायमेटल ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट के विकास के लिए संश्लेषण प्रक्रिया को योजनाबद्ध

आरेख (चित्र 4) में दिखाया गया है। लिग्निन-आधारित धातु ऑक्साइड / बायमेटल ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स की फोटोकैटलिटिक दक्षता का मूल्यांकन मेथिलीन ब्लू (एमबी) और कांगो रेड (सीआर) रंगों का उपयोग करके डार्क डिग्रेडेशन विधि द्वारा किया गया था। मेथिलीन ब्लू और कांगो रेड डार्क डिग्रेडेशन के लिए विभिन्न मापदंडों को अनुकूलित किया गया था। लिग्निन-आधारित नैनोकम्पोजिट्स द्वारा % डार्क क्षरण की गणना की गई। मेथिलीन ब्लू (एमबी) के फोटोकैटलिटिक क्षरण के परिणाम चित्र 5 में दिखाए गए हैं। यह देखा गया है कि ZnONCs पर MB का फोटोकैटलिटिक क्षरण TiO₂NCs, BMONCs और वाणिज्यिक ZnO और TiO₂ नैनोकणों की तुलना में तेज था। ZnOKL NC के साथ 120 मिनट के भीतर 96% M.B को हटा दिया गया। हालांकि, TiO₂KL NCs और BMOAL NCs ने अपेक्षाकृत कम गतिविधि दिखाई और क्रमशः 92.0% और 87% MB को हटा दिया (चित्र 5)। लिग्निन-एमओएनपी की तुलना में, वाणिज्यिक ZnO और TiO₂ नैनोकणों ने काफी कम गतिविधि दिखाई और क्रमशः 54% और 42% MB डार्क को हटा दिया (चित्र 5)। कांगो रेड (CR) डार्क के फोटोकैटलिटिक डिग्रेडेशन के परिणाम चित्र 3 में दिखाए गए हैं। यह देखा गया है कि ZnONCs पर CR डार्क का फोटोकैटलिटिक



चित्र 4: लिग्निन और उनके अनुप्रयोगों का उपयोग करके लिग्निन व्युत्पन्न बीएमओ नैनोकम्पोजिट्स के विकास के लिए योजनाबद्ध आरेख।

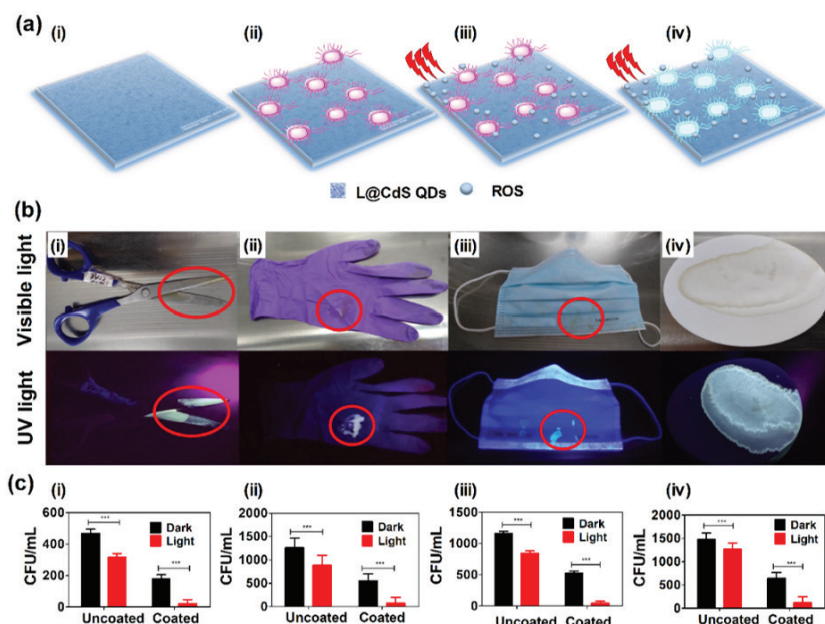


Figure 3. (a) Schematic illustration for the light-induced antibacterial photodynamic therapy with L@CdS QDs used for the production of ROS. (i) The L@CdS QDs (dark blue color) is applied onto a topographical surface. (ii) The bacterial attack occurs on the surface of L@CdS QDs. (iii) L@CdS QDs enable ROS generation under the activation of the light. (iv) The released ROS triggers bacterial death using L@CdS QDs upon light irradiation. (b) Images of different substrates: (i) scissor, (ii) gloves, (iii) mask, and (iv) paper coated with L@CdS QDs (red encircled). (c) Antibacterial photodynamic performance of L@CdS QDs coated area of (i) scissor, (ii) gloves, (iii) mask, and (iv) paper against *E. coli* cells; Black bars signify the CFU on agar plates in dark conditions as control and red bars after light treatment for 1 h (***) $P < 0.0001$ vs control, red bars are showing significant in bacterial colony reduction).

reported methods for the synthesis of ZnO-TiO₂ nanoparticles involve the use of high temperature, surfactant, and toxic chemicals necessitating the invention of green synthesis methods. In this work, a new green approach for synthesizing ZnO-TiO₂ utilizing lignin as a capping and stabilizing agent was designed. The synthesis procedure for the development of lignin-based bimetal oxide nanocomposite is shown in the schematic diagram (Figure 4).

The photocatalytic efficiency of the lignin-based metal oxide/bimetal oxide nanocomposites was assessed by the dye degradation method using methylene blue (MB) and Congo red (CR) dyes. Different parameters for the methylene blue and Congo red dye degradation were optimized. The % dye degradation by the lignin-based nanocomposites was calculated. The results of photocatalytic degradation of methylene blue (MB) are shown in Figure 5. It is observed that the photocatalytic degradation of MB on ZnONCs was faster than on TiO₂NCs, BMONCs, and commercial ZnO and TiO₂ nanoparticles. 96% M.B was removed within 120 min with

ZnOKL NCs. However, TiO₂KL NCs and BMOAL NCs showed relatively lower activity and only removed 92.0% and 87% MB, respectively (Figure 5). In comparison with lignin-MONCs, the commercial ZnO and TiO₂ nanoparticles showed quite lower activity and only removed 54% and 42% MB dye, respectively (Figure 5). The results of photocatalytic degradation of Congo red (CR) dye are shown in Figure 3. It is observed that the photocatalytic degradation of CR dye on ZnONCs was faster than on BMONCs, TiO₂NCs, and commercial ZnO and TiO₂ nanoparticles. 100% MB dye was removed within 8 h with ZnOKL NCs. However, ZnOAL NCs showed relatively lower activity and only removed 58.0% CR dye (Figure 6). Among BMO NCs, BMOKL was better than BMOAL, BMOKL showed 88% CR removal as compared to 72% in case of BMOAL NCs. In comparison, TiO₂ NCs showed comparatively lower CR removal ability, 55 and 60% for TiO₂AL and TiO₂KL NCs, respectively. In comparison with lignin-ZnOKL nanocomposites, the commercial ZnO and TiO₂ nanoparticles showed comparatively lower activity and removed 85% and 87% CR, respectively (Fig-

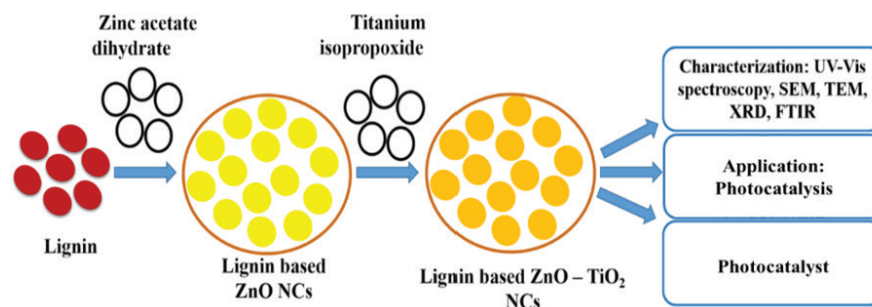
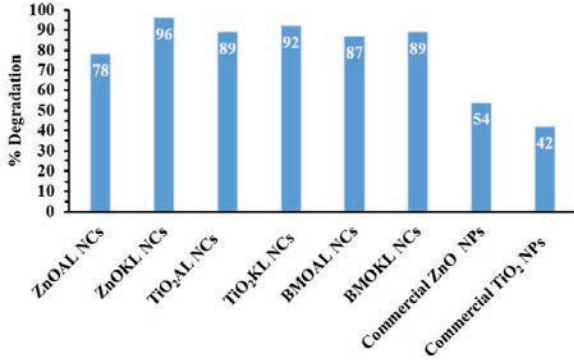
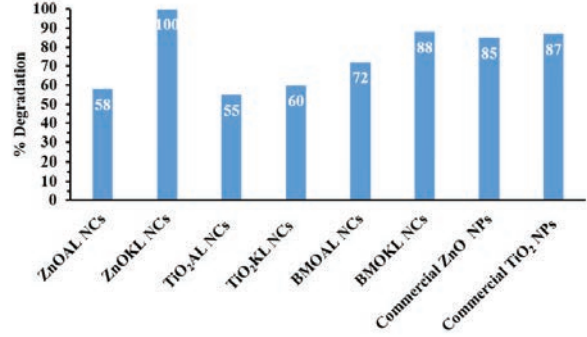


Figure 4. The schematic diagram for the development of lignin derived BMO nanocomposites using lignin and their applications.



चित्र 5: 2 घंटे के यूवी विकिरण के तहत ZnOKL NCs, ZnOAL NCs, TiO₂KL NCs, TiO₂AL NCs, BMOKL NCs, BMOAL NCs, ZnO कमर्शियल NPs, और TiO₂ कमर्शियल NPs द्वारा मेथिलीन ब्लू डाई का फोटोकैटलिटिक डिग्रेडेशन।

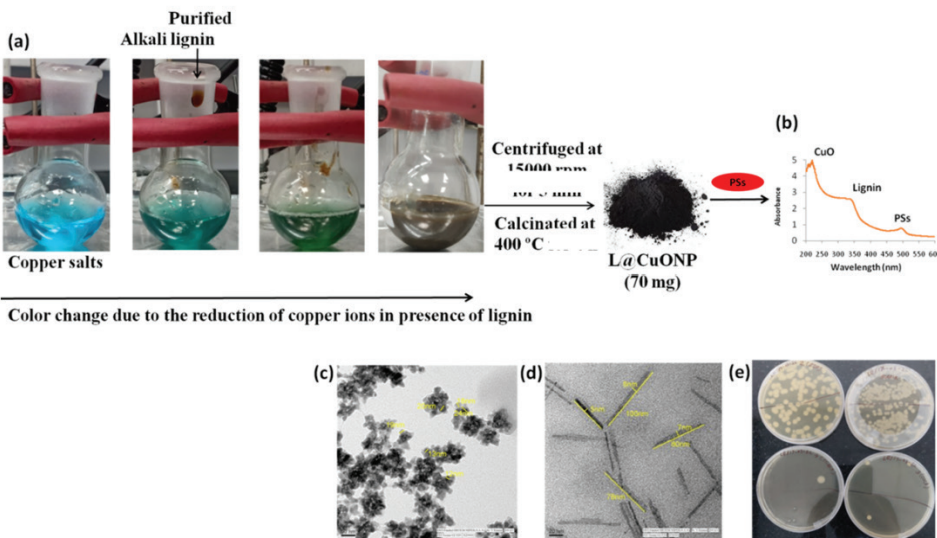


चित्र 6: 8 घंटे के यूवी विकिरण के तहत ZnOKL NCs, ZnOAL NCs, TiO₂KL NCs, TiO₂AL NCs, BMOKL NCs, BMOAL NCs, ZnO कमर्शियल NPs, और TiO₂ कमर्शियल NPs द्वारा कांगो रेड डाई का फोटोकैटलिटिक डिग्रेडेशन।

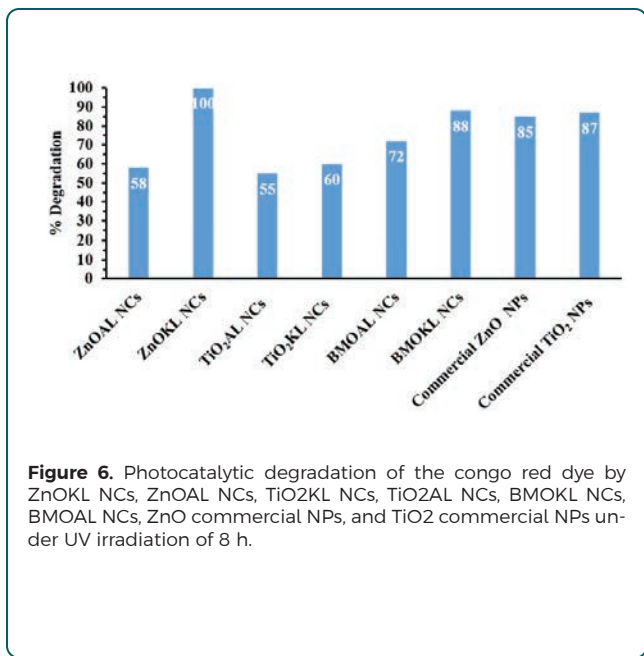
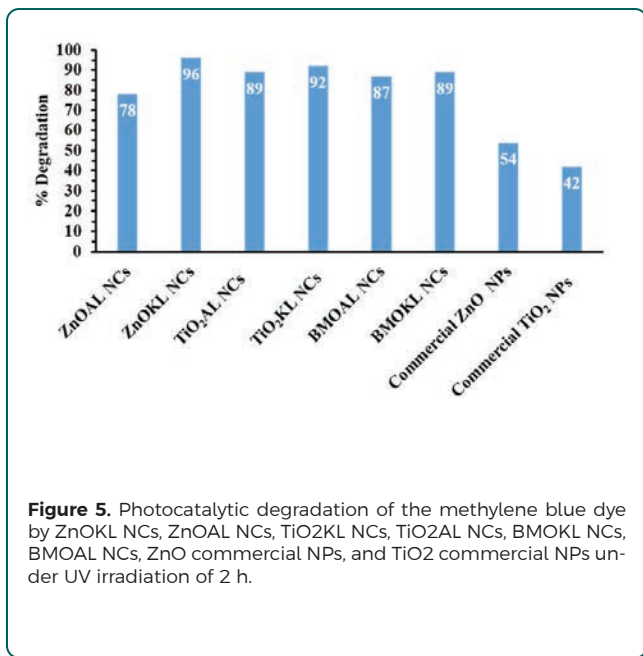
डिग्रेडेशन BMONCs, TiO₂NCs और वाणिज्यिक ZnO और TiO₂ नैनोकणों की तुलना में तेज था। ZnOKL NC के साथ 8 घंटे के भीतर 100% एमबी डाई हटा दी गई। हालाँकि, ZnOAL NC ने अपेक्षाकृत कम गतिविधि दिखाई और केवल 58.0% CR डाई (चित्र 6) को हटा दिया। BMO NC में BMOKL BMOAL से बेहतर था, BMOKL ने BMOAL NC के मामले में 72% की तुलना में 88% CR निष्कासन दिखाया। इसकी तुलना में, TiO₂ NC ने क्रमशः TiO₂AL और TiO₂KL NC के लिए तुलनात्मक रूप से कम CR हटाने की क्षमता, 55 और 60% दिखाई। लिग्निन-ZnOKL नैनोकम्पोजिट्स की तुलना में, वाणिज्यिक ZnO और TiO₂ नैनोकणों ने तुलनात्मक रूप से कम गतिविधि दिखाई और क्रमशः 85% और 87% CR को हटा दिया (चित्र 6)। ZnOKL ने 2 घंटे और 8 घंटे के यूवी विकिरण के तहत 96% एमबी डाई और 100% सीआर डाई को नीचा दिखाया।

रोगजनक निषेध के लिए लिग्निन व्युत्पन्न कॉपर ऑक्साइड नैनोस्ट्रक्चर

प्रकृति के दौरान डीएनए में उत्परिवर्तन के माध्यम से सूक्ष्मजीव एंटीबायोटिक प्रतिरोध दिखाते हैं, उत्परिवर्तन के बाद रोगाणुओं में एक विशिष्ट जीन होता है जो एंटीबायोटिक दवाओं का विरोध करता है। कॉपर आयनों की रोगाणुरोधी कार्यक्षमता विभिन्न तंत्रों से जुड़ी होती है, जिसमें माइक्रोबियल डीएनए को नुकसान पहुंचाना, जीवाणु प्रोटीन संश्लेषण को बदलना और झिल्ली अखंडता को बदलना शामिल है। कॉपर आयनों का यह गुण महत्वपूर्ण है क्योंकि इसका अर्थ है कि कोई उत्परिवर्तन नहीं हो सकता है। लिग्निन में विभिन्न गुण होते हैं जैसे कि चिपकने वाला, एंटीऑक्सिडेंट और यूवी-संरक्षण, लिग्निन भी कम करने और स्थिर करने वाले एजेंट के रूप में काम करता है जो तांबे के लवण को तांबे के आयनों में परिवर्तित करता है और फिर नैनोकणों के रूप में स्थिर होता है। कॉपर ऑक्साइड नैनोपार्टिकल्स (L@CuONPs) के संश्लेषण के लिए लिग्निन को सफलतापूर्वक कम करने और स्थिर करने वाले एजेंट के रूप में उपयोग किया गया था। लिग्निन व्युत्पन्न कॉपर ऑक्साइड एनपी को एक आर्थिक, व्यवहार्य, हरित और एकल चरण विधि (चित्र



चित्र 7: (क) लिग्निन व्युत्पन्न कॉपर ऑक्साइड नैनोकणों/नैनोवायर्स का संश्लेषण; (बी) एल @ क्यूओएनपी और इसके यूवी स्पेक्ट्रा पर फोटोसिस्टाइज़र (पीएस) का संयुग्मन; (सी) एल @ क्यूओएनपी को एचआर-टीईएम छवि; (डी) एल @ क्यूओ तारों का एचआर-टीईएम; (ई) L@CuONPs/ नैनोवायर्स की रोगाणुरोधी गतिविधि।

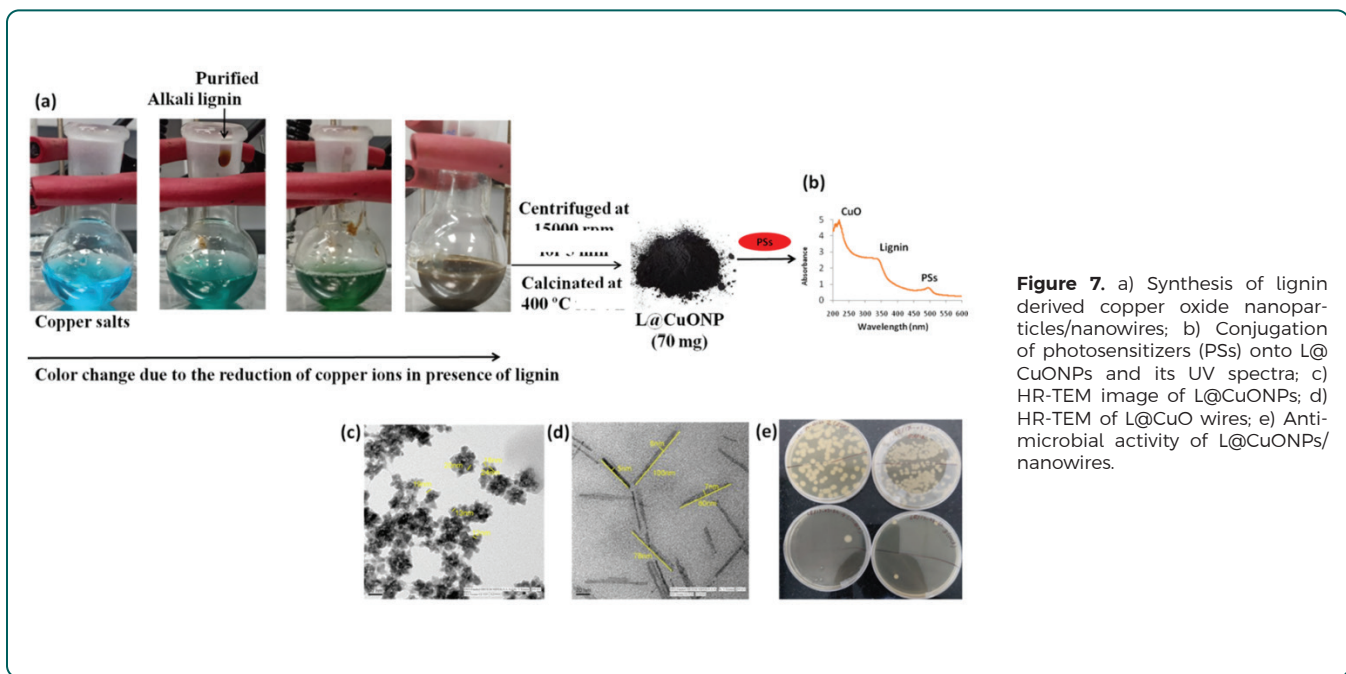


ure 6). The ZnOKL NCs degraded 96% MB dye and 100% of CR dye under UV irradiation of 2 h and 8 h, respectively.

Lignin derived copper oxide nanostructures for pathogen inhibition

Microbes show antibiotic resistance through mutation in the DNA during replication, after mutation microbes having a specific gene which resist to antibiotics. The antimicrobial functionality of the copper ions is associated with various mechanisms, including damaging the microbial DNA, altering bacterial protein synthesis and altering membrane integrity. This property of copper ions is important as it means that no mutation can occur. Lignin has various properties such as adhesiveness, antioxidant and UV-protection, Lignin also works as reducing and stabilizing agent which convert copper salts

into copper ions and then stabilize in the form of nanoparticles. Lignin was successfully utilized as reducing and stabilizing agent for the synthesis of copper oxide nanoparticles (L@CuONPs). The lignin derived copper oxide NPs was synthesized using an economic, feasible, greener and single step method (Figure 7a). Four different copper salts were used for the production of L@CuONPs. After calcination, the L@CuONPs was characterized by DLS, UV-Vis spectroscopy, HR-TEM, FE-SEM, FTIR, and XRD analysis. The spherical shape of the nanoparticles was observed with ~30 nm size when copper chloride salt was used (Figure 7c). Whilst, the nanowire shape particles were observed using cupric nitrate trihydrate, cupric acetate and copper(II) sulfate pentahydrate with ~100 nm×30 nm and ~5 nm internal diameter (Figure 7d). Polypyrrolic photosensitizers were then conjugated over the surface



7क) का उपयोग करके संश्लेषित किया गया था। L@CuONPs के उत्पादन के लिए चार अलग-अलग तांबे के लवणों का उपयोग किया गया था। कैल्सीनेशन के बाद, L@CuONPs को डीएलएस, यूवी-विज़ दीप्ति, एचआर-टीईएम, एफई-एसईएम, एफटीआईआर, और एक्सआरडी विश्लेषण की विशेषता थी। नैनोकणों का गोलाकार आकार ~ 30 एनएम आकार के साथ देखा गया था जब कॉपर क्लोराइड नमक का उपयोग किया गया था (चित्र 7c)। जबकि, नैनोवायर आकार के कणों को ~ 100 एनएम × 30 एनएम और ~ 5 एनएम आंतरिक व्यास (चित्र 7 डी) के साथ क्यूप्रिक नाइट्रेट ट्राइहाइड्रेट, कप्रिक एसिटेट और कॉपर (II) सल्फेट पेंटाहाइड्रेट का उपयोग करके देखा गया था। पॉलीपायरोलिक फोटोसेंसिटाइज़र L@CuONPs की सतह पर संयुग्मित थे जो यूवी-विज़ स्पेक्ट्रोस्कोपी, डीएलएस, एफटीआईआर, एक्सआरडी, एचआर-टीईएम विश्लेषण द्वारा विशेषता थी। संयुग्मन के बाद नैनोकणों और नैनोरोड का आकार बढ़ाया गया। यूवी स्पेक्ट्रा (चित्र 7 बी) में 280 एनएम और 220 एनएम के साथ ~ 495 एनएम पर एक चोटी देखी गई थी। इसके अलावा, तीन अलग-अलग उपभेदों ग्राम नकारात्मक, ग्राम सकारात्मक और कवक का उपयोग करके रोगाणुरोधी गतिविधि का प्रदर्शन किया गया था। L@CuONPs (चित्र 7e) के साथ एक महत्वपूर्ण रोगजनक अवरोध देखा गया। इसलिए, लिग्निन व्युत्पन्न कॉपर ऑक्साइड नैनोकणों को रोगजनकों के निषेध के लिए आर्थिक और जैव-संगत सामग्री के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ लिग्निन आधारित सीडीएस डॉट्स को भारी धातुओं और बैक्टीरिया के संवेदन के लिए संश्लेषित किया गया था। इसके अलावा लिग्निन आधारित सीडीएस डॉट्स का उपयोग सर्जिकल उपकरणों और पीपीई पर पहनने योग्य फोटोडायनामिक कोटिंग्स के रूप में किया गया था।
- ◆ लिग्निन-आधारित बाईमेटल ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट विकसित किए गए और सामान्य औद्योगिक रंगों के फोटोकैटलिटिक क्षरण में सफलतापूर्वक लागू किए गए।
- ◆ लिग्निन व्युत्पन्न जैव-संगत कॉपर ऑक्साइड नैनोमटेरियल्स को संश्लेषित, विशेषता और सीधे रोगजनक निषेध में उपयोग किया गया था।

of L@CuONPs which was characterized by UV-Vis spectroscopy, DLS, FTIR, XRD, HR-TEM analysis. The size of nanoparticles and nanorod were increased after the conjugation. A peak at ~495 nm was observed with 280 nm and 220 nm in the UV spectra (Figure 7b). Further, antimicrobial activity was performed using three different strains Gram negative, Gram positive and fungi. A significant pathogen inhibition was observed with L@CuONPs (Figure 7e). Therefore, lignin derived copper oxide nanoparticles can be utilized as economic and biocompatible material for the inhibition of pathogens.

Salient Achievements

- ◆ Lignin based CdS dots were synthesized for sensing of heavy metals and bacteria. Further lignin based CdS dots were utilized as wearable photodynamic coatings on surgical instruments and PPEs.
- ◆ Lignin-based bimetal oxide nanocomposites were developed and successfully applied in the photocatalytic degradation of common industrial dyes
- ◆ Lignin derived biocompatible copper oxide nanomaterials were synthesized, characterized and directly utilized in pathogen inhibition.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ. भुवन भूषण मिश्रा
वैज्ञानिक-डी

रिसर्च फेल्लो
सुरेंद्र जाटव, मंगत सिंह,
निशांत पांडे, पूजा नेगी, ज्योति

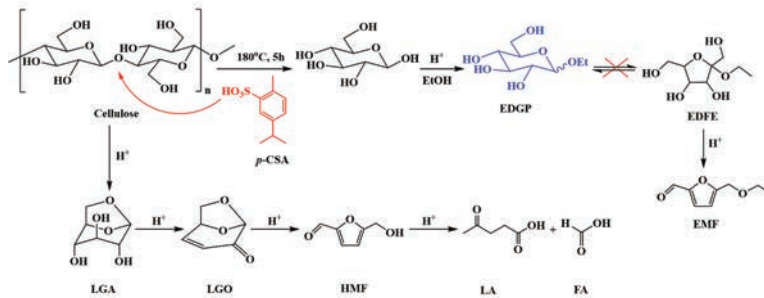
विशेषज्ञता

प्राकृतिक उत्पाद अलगाव, स्वाद और सुगंध के लिए अर्ध-सिंथेटिक दृष्टिकोण, और न्यूट्रास्यूटिकल और कार्यात्मक खाद्य पदार्थ।

जी नस सिंबोपोगोन (परिवार-ग्रामीनी) से संबंधित पौधों की खेती दुनिया भर में उनके व्यावसायिक आवश्यक तेलों के लिए की जाती है। सिंबोपोगोन प्रजाति से सुगंधित तेल के ऑन-फार्म निष्कर्षण के परिणामस्वरूप खर्च किए गए कचरे का उत्पादन होता है, जिसका वर्तमान में बहुत सीमित अनुप्रयोग है। खर्च किए गए कचरे का बड़ा हिस्सा लैंडफिल में निपटाया जाता है या बायोडिग्रेडेशन के प्राकृतिक तरीके के लिए छोड़ दिया जाता है, जबकि इसमें से कुछ को पौधों से आवश्यक तेल निष्कर्षण के दौरान भाप उत्पन्न करने के लिए जला दिया जाता है। खर्च किए गए सुगंधित कचरे को खुले में जलाने से पर्यावरण प्रदूषण हो सकता है।

खर्च किए गए सुगंधित कचरे का एथिल ग्लूकोसाइड्स में सॉल्वोथर्मल रूपांतरण अल्काइल ग्लूकोसाइड गैर-आयनिक यौगिकों के एक महत्वपूर्ण वर्ग का प्रतिनिधित्व करते हैं जो उत्कृष्ट सर्फैक्टेंट गुण प्रदर्शित करते हैं। उनकी कम विषाक्तता, बायोडिग्रेडेबल प्रकृति और सौम्य पर्यावरणीय चरित्र के कारण, इन जैव-

आधारित अणुओं का व्यापक रूप से सौंदर्य प्रसाधन, भोजन और दवा उत्पादों की विविधता में पायसीकारी के रूप में उपयोग किया जाता है। सामान्य तौर पर, उत्प्रेरक के रूप में एसिड की उपस्थिति में फिशर ग्लाइकोसिडेशन के माध्यम से शर्करा और उच्च अल्कोहल से अल्काइल ग्लूकोसाइड को संश्लेषित किया जाता है। इससे पहले, उच्च तापमान (200-280 डिग्री सेल्सियस) और दबाव (3-5 एमपीए) पर शर्करा को अल्काइल ग्लूकोसाइड में बदलने के लिए एचसीएल, एच3पीओ4, एचएनओ3, एच2एसओ4 आदि जैसे विभिन्न प्रकार के एसिड का परीक्षण किया गया है। हालांकि, सजातीय एसिड के संक्षारण प्रभाव, रिएक्टर्स के निर्माण के लिए उपयोग की जाने वाली सामग्रियों की उच्च लागत, उत्पादों की गैर-चयनात्मकता, एच2एसओ4 के साथ प्रतिक्रिया के बाद बेअसर होने के दौरान जिप्सम का निर्माण और निरोधात्मक उप-उत्पादों का निर्माण कुछ संभावित कमियां हैं। इसके अलावा, धातु की अशुद्धियाँ, रंगीन साइड उत्पाद आदि, अक्सर उत्पाद शुद्धिकरण में कठिनाई पैदा करते हैं। हाल के वर्षों में, हल्के तापमान (~ 150-200 डिग्री सेल्सियस) के तहत



चित्र 1: सेल्यूलोज के लिए तरल उत्पादों के लिए प्रस्तावित प्रतिक्रिया मार्ग।

BIOPRODUCT CHEMISTRY



Dr. Bhuwan Bhushan Mishra
Scientist-D

Research Fellows

Surendra Jatav
Mangat Singh
Nishant Pandey
Pooja Negi
Jyoti

Expertise: Natural product isolation, semi-synthetic approaches for flavor & fragrance, nutraceutical & functional foods.

The plants belonging to genus *Cymbopogon* (Family-Gramineae) are cultivated around the world for their commercial essential oils. On-farm extraction of aroma oil from *Cymbopogon* species results in the generation of spent waste which currently have very limited applications. Major portion of spent waste is disposed in landfill or left for a natural way of biodegradation while a handful of this is burned to generate steam during the essential oil extraction from the plants. Open burning of spent aromatic waste may cause the environmental pollution.

Solvothermal conversion of spent aromatic waste to ethyl glucosides

Alkyl glucosides represent an important class of non-ionic compounds that exhibit excellent surfactant properties. Owing to their low toxicity, biodegradable nature, and benign en-

vironmental character, these bio-based molecules are widely used as the emulsifiers in variety of cosmetics, food, and pharmaceutical products. In general, the alkyl glucosides are synthesized from sugars and higher alcohols via the Fischer glycosidation in presence of acids as catalyst. Earlier, a variety of acids such as HCl, H₃PO₄, HNO₃, H₂SO₄, etc., have been tested for conversion of sugars to alkyl glucosides at high temperatures (200-280 °C) and pressure (3-5 MPa). However, corrosion effects of homogeneous acids, high cost of the materials used for the construction of the reactors, non-selectivity of products, gypsum formation during neutralization after reaction with H₂SO₄, and formation of inhibitory by-products are some potential drawbacks. In addition, the metal impurities, coloured side products, etc., often pose difficulty in product purification.

In recent years, the biomass liquefaction in presence

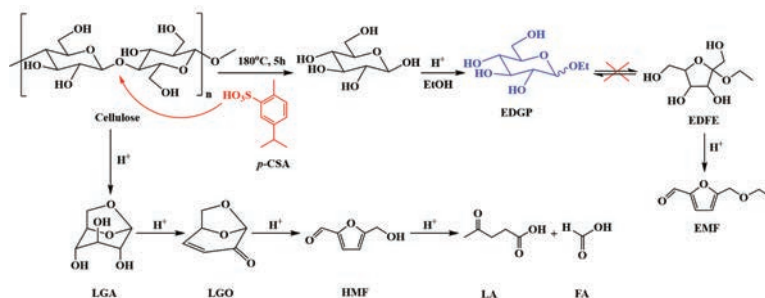
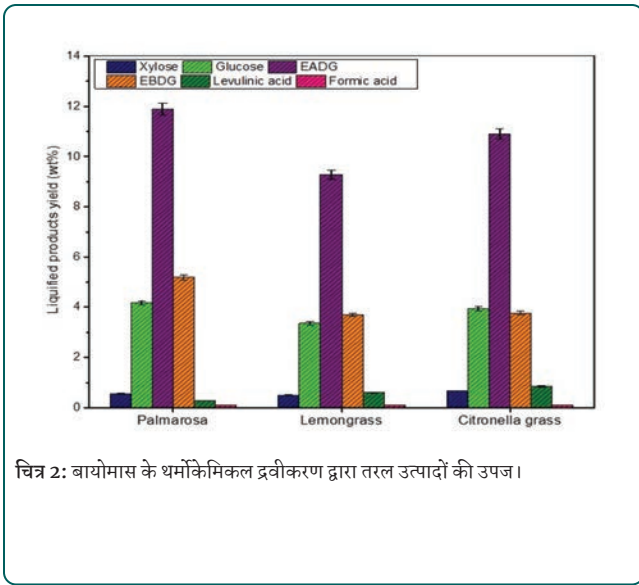


Figure 1. Proposed reaction pathway for cellulose to liquid products.



चित्र 2: बायोमास के थर्मोकैमिकल द्रवीकरण द्वारा तरल उत्पादों की उपज।

सॉल्वेंट्स की उपस्थिति में बायोमास द्रवीकरण ने रसायनज्ञ और प्रौद्योगिकीविदों को बहुत आकर्षित किया है। इससे पहले, इथेनॉल में बांस बायोमास के एसिड उत्प्रेरित द्रवीकरण को उत्पाद के रूप में अल्काइल-जाइलोसाइड्स / ग्लूकोसाइड्स को वहन करने की संभावना थी। हालांकि, इतनी कम प्रतिक्रिया अवधि के तहत कच्चे बायोमास के रूपांतरण से सेल्यूलोज से पहले हेमिकेलुलोज का प्रारंभिक अपघटन हो सकता है, इस प्रकार, उत्पादों की कम चयनात्मकता होती है। सेल्यूलोज के आंशिक टूटने के कारण एथिल जाइलोसाइड मुख्य रूप से बनते हैं जबकि एथिल ग्लूकोसाइड मामूली के रूप में प्राप्त होते हैं। उत्पाद निर्माण में चयनात्मकता बढ़ाने का एक बुद्धिमान तरीका बायोमास पुनर्गणना कारकों, जैसे सेल्यूलोज क्रिस्टलीयता और लिग्निन को दूर करना है। विभिन्न भौतिक और रासायनिक विधियों, जैसे, मिलिंग, ऊर्जा विकिरण, भाप विस्तार, एसिड का उपयोग, सोडियम हाइड्रॉक्साइड, यूरिया, आयनिक तरल पदार्थ, आदि की संभावना की गई है। जैविक पूर्व-उपचार, जैसे कि लिग्निनोलिटिक एंजाइमों के अनुप्रयोग की भी सूचना मिली है। इसलिए, हमने अच्छी पैदावार और चयनात्मकता में उत्पाद के रूप में एथिल ग्लूकोसाइड के मिश्रण को

वहन करने के लिए इथेनॉल में पी-सीएसए के साथ प्रतिक्रिया करके खर्च किए गए सुगंधित कचरे के द्रवीकरण के लिए एक हरे और प्रभावोत्पादक प्रोटोकॉल की जांच की।

बायोमास की तैयारी

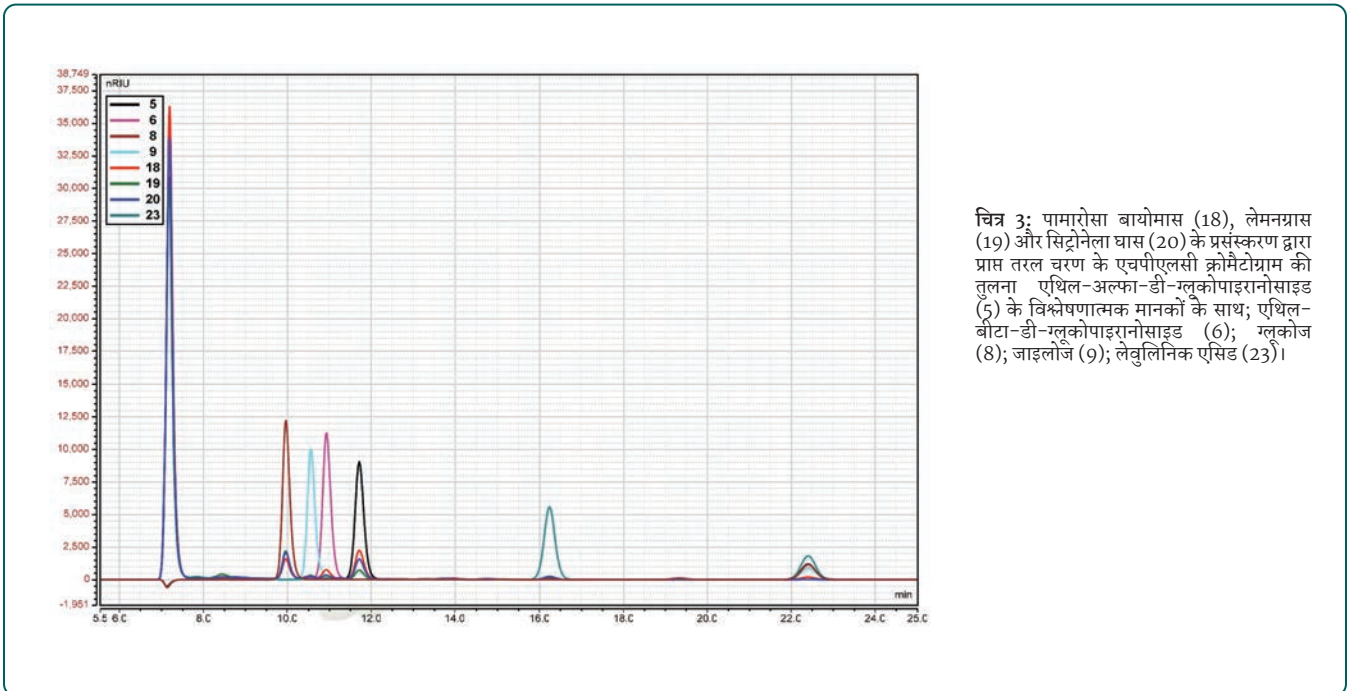
सुगंधित अपशिष्ट आईएबी-फार्म, मोहाली-140306, पंजाब, भारत से प्राप्त किया गया था। नमी की मात्रा <7 wt% तक पहुंचने तक कचरे को छाया में सुखाया गया। एक वाणिज्यिक ग्राइंडर के साथ छायादार सूखे पदार्थ को पीसने से बायोमास के टुकड़े कम आकार (~ 0.5 मिमी, 30 जाल) में तैयार हो गया। राष्ट्रीय अक्षय ऊर्जा प्रयोगशाला (एनआरईएल) की प्रयोगशाला विश्लेषणात्मक प्रक्रियाओं का पालन कार्बोहाइड्रेट और लिग्निन (एलएपी 009), राख (एलएपी 005), और नमी सामग्री (एलएपी 012) को निर्धारित करने के लिए किया गया था।

बायोमास पूर्व उपचार

पामारोसा के सूखे और चूर्णित अपशिष्ट को पानी में पी-सीएसए (ठोस तरल अनुपात, 1:10) के साथ आटोक्लेव स्थिति के तहत प्रतिक्रिया दी गई थी। पूरा होने के बाद, प्रतिक्रिया मिश्रण को कमरे के तापमान पर आने दिया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण से अप्रतिबंधित बायोमास को फ़िल्टर किया गया था। एचपीएलसी विश्लेषण द्वारा बायोमास हाइड्रोलाइज़ेट में मोनोसेकेराइड (जैसे, जाइलोज़, ग्लूकोज, अरबिनोस, आदि) और गिरावट उत्पादों (जैसे, एसिटिक एसिड, फॉर्मिक एसिड, आदि) की एकाग्रता को मान्य किया गया था। परिणामों ने प्रमुख उत्पाद (~ 16% उपज) के रूप में डी-जाइलोज़ का एक पूर्व-प्रमुख गठन स्थापित किया जोकि बायोमास में जाइलन पॉलीसेकेराइड के एक चयनात्मक हाइड्रोलिसिस के कारण बने थे, जबकि ग्लूकोज, अरबिनोस, एसिटिक एसिड, आदि सभी एक साथ बहुत कम में प्राप्त किए गए थे। एकाग्रता।

एथिल- α - और β -ग्लूकोपाइरानोसाइड का उत्पादन

इथेनॉल (20 एमएल), और पी-सीएसए (1.0 ग्राम) युक्त एक उच्च दबाव ग्लास ट्यूब (120 एमएल, एस ग्लास, यूएसए) पूर्व-उपचारित बायोमास (1.0 ग्राम) से भरी हुई थी। पूर्ण लोडिंग के बाद, ग्लास ट्यूब को एक सिलिकॉन स्टॉपर के साथ सील कर दिया गया और उसके बाद 180 डिग्री सेल्सियस पर 5 घंटे के लिए रिफ्लक्स किया गया। पूरा होने के बाद, हीटिंग को समाप्त कर दिया गया, और ट्यूब को तेल स्नान से ठंडा करने के लिए बाहर निकाल दिया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण के सेंटीफ्यूजेशन के कारण पेलेट का निर्माण हुआ। गोली को हटा दिया गया, सुखाया गया और अलग रखा गया।



चित्र 3: पामारोसा बायोमास (18), लेमनग्रास (19) और सिट्रोनेला घास (20) के प्रसंस्करण द्वारा प्राप्त तरल चरण के एचपीएलसी क्रोमैटोग्राम की तुलना एथिल-अल्फा-डी-ग्लूकोपाइरानोसाइड (5) के विश्लेषणात्मक मानकों के साथ; एथिल-बीटा-डी-ग्लूकोपाइरानोसाइड (6); ग्लूकोज (8); जाइलोज़ (9); लेवुलिनिक एसिड (23)।

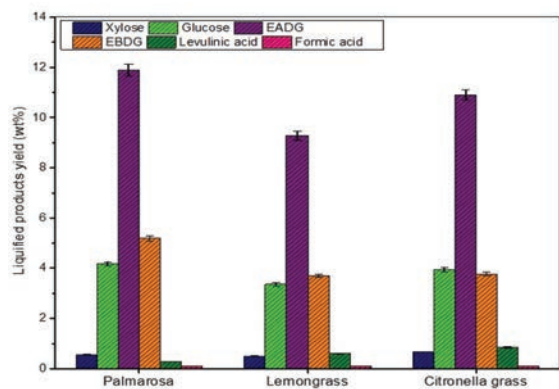


Figure 2. Yield of liquid products by thermochemical liquefaction of biomass..

of solvents under mild temperatures (~150-200 °C) has greatly attracted the chemist and technologists. Earlier, acid catalysed liquefaction of bamboo biomass in ethanol has been prospected to afford alkyl-xylosides/glycosides as product. However, conversion of raw biomass under such a short reaction period may instigate an early decomposition of hemicelluloses before the cellulose, thus, results in a low selectivity of products. Ethyl xylosides are formed predominantly while ethyl glucosides are obtained as minor due to a partial breakdown of cellulose. One wise way to increase the selectivity in product formation is to overcome the biomass recalcitrance factors, such as cellulose crystallinity and lignin. Various physical and chemical methods, e.g., milling, energy irradiation, steam expansion, use of acids, NaOH, urea, ionic liquids, etc., have been prospected. Biological pre-treatment, such as the application of ligninolytic enzymes has also been reported. Therefore, we investigated a green and efficacious protocol for

liquefaction of spent aromatic waste by reaction with p-CSA in ethanol to afford a mixture of ethyl glucosides as product in good yields and selectivity.

Preparation of biomass: Aromatic spent waste was obtained from CIAB-farm, Mohali-140306, Punjab, India. The waste was shade dried till the moisture content reached <7 wt%. Grinding of the shade dried material with a commercial grinder furnished the pieces of biomass in reduced size (~0.5 mm, 30 mesh). Laboratory analytical procedures of National Renewable Energy Laboratory (NREL) were followed to determine the carbohydrates and lignin (LAP 009), ash (LAP 005), and moisture content (LAP 012).

Biomass pre-treatment: A dry and powdered spent waste of palmarosa was reacted with p-CSA in water (solid liquid ratio, 1:10) under the autoclave condition. After completion, the reaction mixture was allowed to come at room temperature. Unreacted biomass was filtered out from reaction mixture. Concentration of monosaccharides (e.g., xylose, glucose, arabinose, etc.) and degradation products (e.g., acetic acid, formic acid, etc.) in the biomass hydrolysate were validated by HPLC analysis. Results established a pre-dominant formation of D-xylose as the major product (~16% yield) due to a selective hydrolysis of biomass contained xylan polysaccharides while glucose, arabinose, acetic acid, etc., were all together obtained in a very low concentration.

Production of ethyl- α - and β -glucopyranosides: A high pressure glass tube (120 mL, Ace Glass, USA) containing ethanol (20 mL), and p-CSA (1.0 g) was loaded with pre-treated biomass (1.0 g). After complete loading, the glass tube was sealed with a silicone stopper followed by refluxing at 180 °C for 5h. After completion, the heating was terminated, and the tube was taken out of the oil bath for cooling. Centrifugation of reaction mixture caused the pellet formation. Pellet was removed, dried, and kept separately. Retentive ethanol phase comprising liquid products was validated by HPLC method of analysis to detect and quantify the small chain carboxylic acids, monosaccharides (such as, glucose, fructose, xylose, and arabinose), and their esterified products (such as ethyl- α - and β -glucopyranosides).

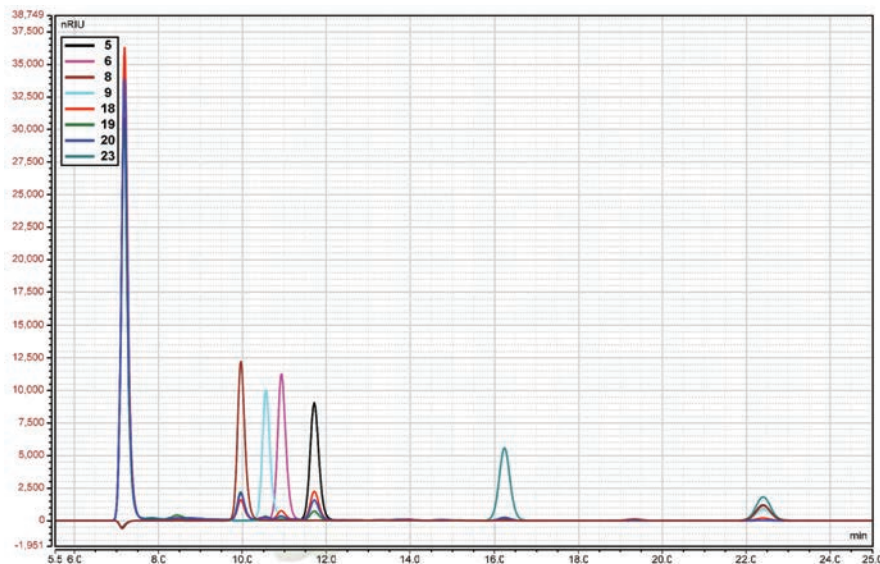
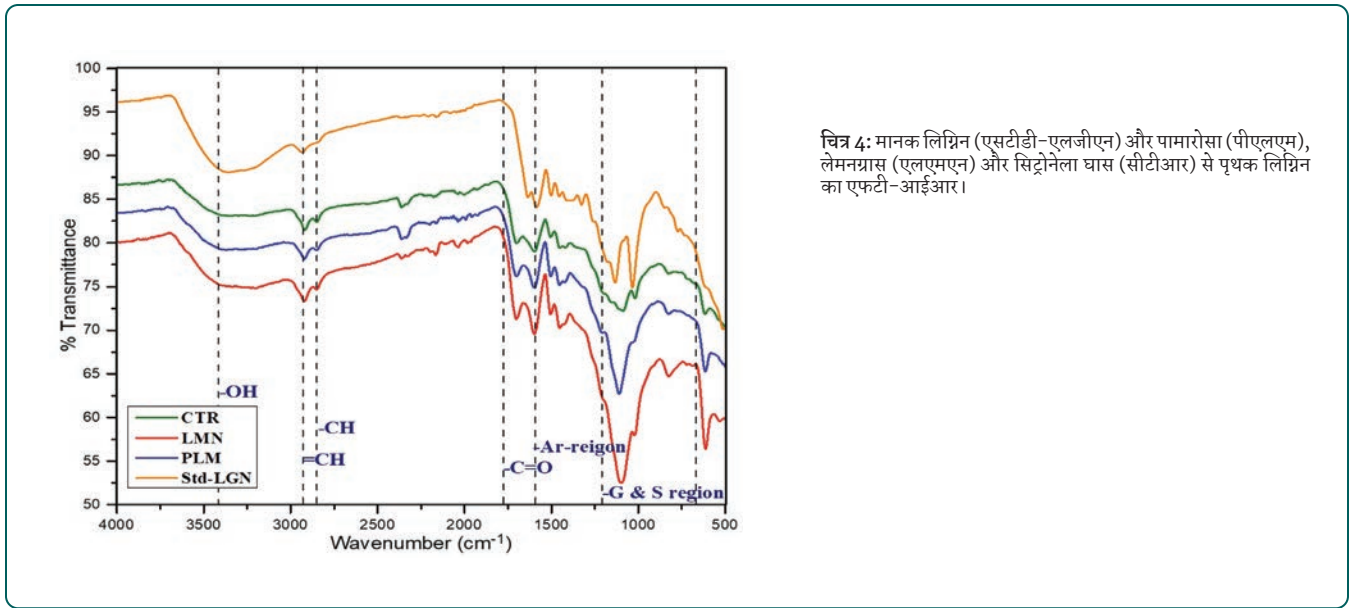


Figure 3. Comparison of HPLC chromatograms of liquid phase obtained by processing of palmarosa biomass (18), lemongrass (19) and citronella grass (20) with the analytical standards of ethyl- α -D-glucopyranoside (5); ethyl- β -D-glucopyranoside (6); glucose (8); xylose (9); levulinic acid (23).



चित्र 4: मानक लिग्निन (एसटीडी-एलजीएन) और पामारोसा (पीएलएम), लेमनग्रास (एलएमएन) और सिट्रोनेला घास (सीटीआर) से पृथक लिग्निन का एफटी-आईआर।

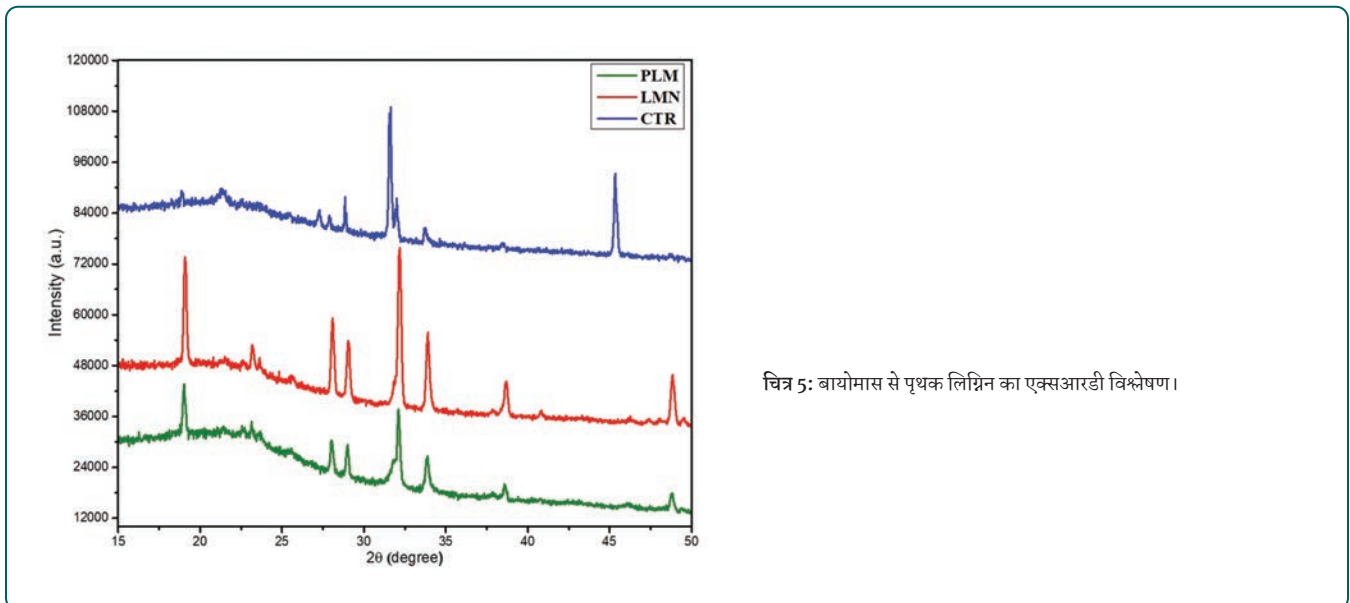
तरल उत्पादों से युक्त अवधारण इथेनॉल चरण को छोटी श्रृंखला कार्बोक्जिलिक एसिड, मोनोसेकेराइड (जैसे, ग्लूकोज, फ्रुक्टोज, ज़ाइलोज, और अरबिनोस), और उनके एस्ट्रिफ़ाइड उत्पादों (जैसे एथिल- α - और β -ग्लूकोपाइरानोसाइड्स) का पता लगाने और इसकी मात्रा निर्धारित करने के लिए विश्लेषण की एचपीएलसी विधि द्वारा मान्य किया गया था। ईडीजीपी के लिए सेल्यूलोज के इस तरह के अत्यधिक चयनात्मक क्षरण के लिए प्रशंसनीय तंत्र में, यह माना जा सकता है कि पी-सीएसए सेल्यूलोज के ग्लूकोज में तेजी से गिरावट का कारण बनता है (चित्र 1)। प्रतिक्रिया मिश्रण में ईडीजीपी इथेनॉल के साथ ग्लूकोज की सीधी प्रतिक्रिया से बनता है। ईडीजीपी एक बार प्रतिक्रिया मैट्रिक्स में गठित, अम्लीय स्थिति के लिए पर्याप्त रूप से स्थिर है, जैसे कि एथिल-डी-फ्रुक्टोफुरानोसाइड (ईडीएफएफ) के लिए इसके आगे आइसोमेराइजेशन और ईएमएफ को निर्जलीकरण नहीं देखा जा सकता है। एक बार उच्च पैदावार में ईडीजीपी को वहन करने के लिए पामारोसा बायोमास के चयनात्मक रूपांतरण के लिए प्रोटोकॉल को सफलतापूर्वक स्थापित करने के बाद, इसे अगले अन्य बायोमास, जैसे लेमनग्रास और सिट्रोनेला पर लागू किया गया, परिणाम चित्र 2 में संक्षेपित किया गया।

अवशिष्ट बायोमास से लिग्निन की वसूली

बायोमास हाइड्रोलाइजेट में मोनोसेकेराइड, कार्बोहाइड्रेट डिग्रेडेशन उत्पादों (जैसे, एसिटिक एसिड, फॉर्मिक एसिड, लेवुलिनिक एसिड, आदि), और एल्काइल ग्लूकोसाइड्स (एथिल-अल्फा-डी-ग्लूकोसाइड और -बीटा-डी-ग्लूकोसाइड) सहित तरल उत्पादों की मात्रा विश्लेषण की एचपीएलसी विधि द्वारा निर्धारित की गई थी। मोनोसेकेराइड, कार्बोक्जिलिक एसिड और एथिल ग्लूकोसाइड के वाणिज्यिक विश्लेषणात्मक मानकों के साथ एक सीधी तुलना की गई थी। अनुसरण की गई क्रोमैटोग्राफिक सेटिंग्स इस प्रकार विस्तृत हैं: हाय-प्लेक्स एच कॉलम (एगिलेंट), 300 मिमी लंबाई, 8 मिमी सरंग्रता, 5 मिमी एच2एसओ4 मोबाइल चरण, प्रवाह दर 0.6 एमएल/मिनट। 40 मिनट के रन टाइम के साथ 65 डिग्री सेल्सियस पर अपवर्तक सूचकांक (आरआई) का पता लगाया गया। एथिल- α -D-ग्लूकोसाइड, और एथिल- β -D-ग्लूकोसाइड बायोमास हाइड्रोलाइजेट में मात्रात्मक रूप से आरआई क्रोमैटोग्राम (चित्र 3) से प्राप्त एकाग्रता बनाम क्षेत्र के बीच प्लॉट किए गए अंशांकन वक्र को खींचकर निर्धारित किया गया था।

लिग्निन की वसूली

पिछले चरण से बरामद सूखे फूस के साथ सोडियम हाइड्रॉक्साइड (2%) का पतला



चित्र 5: बायोमास से पृथक लिग्निन का एक्सआरडी विश्लेषण।

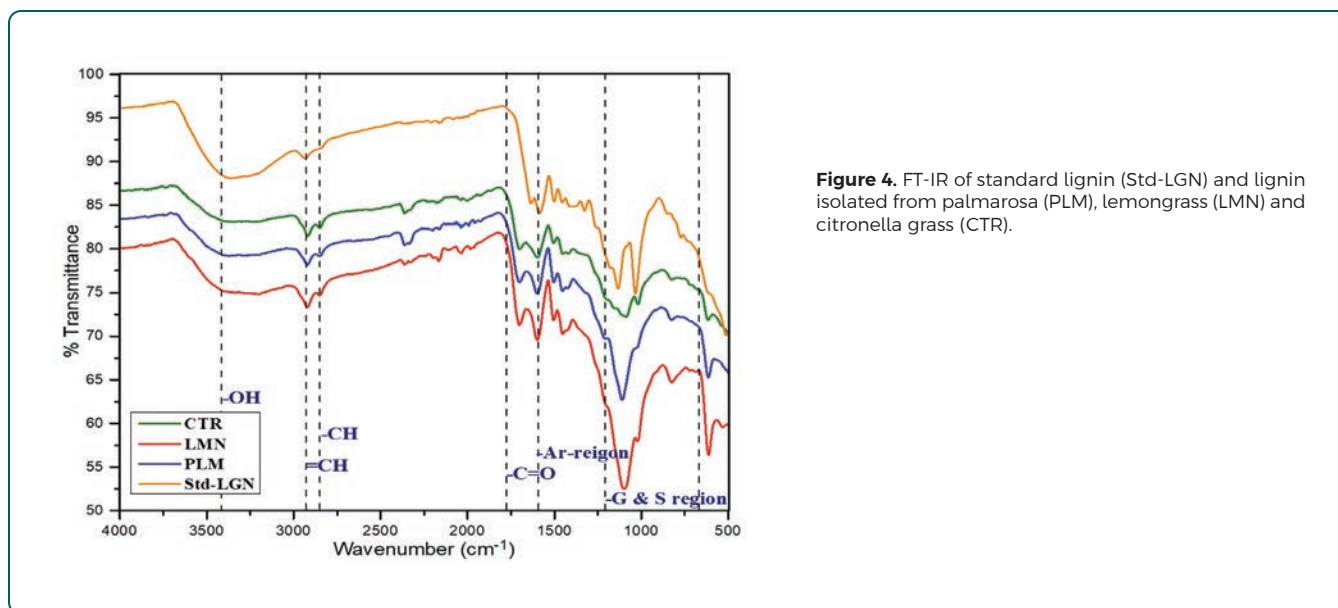


Figure 4. FT-IR of standard lignin (Std-LGN) and lignin isolated from palmarosa (PLM), lemongrass (LMN) and citronella grass (CTR).

In the plausible mechanism for such a highly selective degradation of cellulose to EDGP, it may be assumed that the p-CSA causes a rapid degradation of cellulose to glucose (Figure 1). EDGP in the reaction mixture is formed by a direct reaction of glucose with ethanol. EDGP once formed in the reaction matrix, is sufficiently stable to the acidic condition, such as its further isomerization to ethyl-D-fructofuranoside (EDFF) and dehydration to EMF could not be observed. Once the protocol was successfully established for the selective conversion of palmarosa biomass to afford EDGP in high yields, it was next applied to other biomasses, such as lemongrass and citronella, results summarized in Figure 2.

Recovery of lignin from residual biomass: Liquid products including monosaccharides, carbohydrate degradation products (e.g., acetic acid, formic acid, levulinic acid, etc.), and alkyl glucosides (ethyl- α -D-glucoside and ethyl- β -D-glucoside) in the biomass hydrolysate were quantified by the HPLC method of analysis. A direct comparison was made with the commercial analytical standards of monosaccharides, carboxylic acids,

and ethyl glucosides. Chromatographic settings followed are detailed as: Hi-Plex H column (Agilent), 300 mm length, 8 mm porosity, 5 mM H₂SO₄ mobile phase, flow rate 0.6 mL/min. Refractive index (RI) detection was performed at 65 °C with 40 min run time. Ethyl- α -D-glucosides, and ethyl- β -D-glucosides in the biomass hydrolysate were determined quantitatively by drawing a calibration curve plotted between concentration versus area obtained from RI chromatograms (Figure 3).

Recovery of Lignin: Round bottomed flask containing a dilute solution of NaOH (2%) was added with the dry pallet recovered from the previous step. The reaction was heated at 100 °C for 2 h under a constant stirring condition. After completion, the heating was discontinued, and the flask containing the reaction liquid was cooled to room temperature. Further, subjecting the reaction mixture for centrifugation followed by the separation of retentive aqueous phase furnished a back liquid, wherefrom, lignin was precipitated at pH 3.0 by the application of a dilute solution of 0.5N H₂SO₄. Lignin in the form of precipitate was collected over filter paper and dried

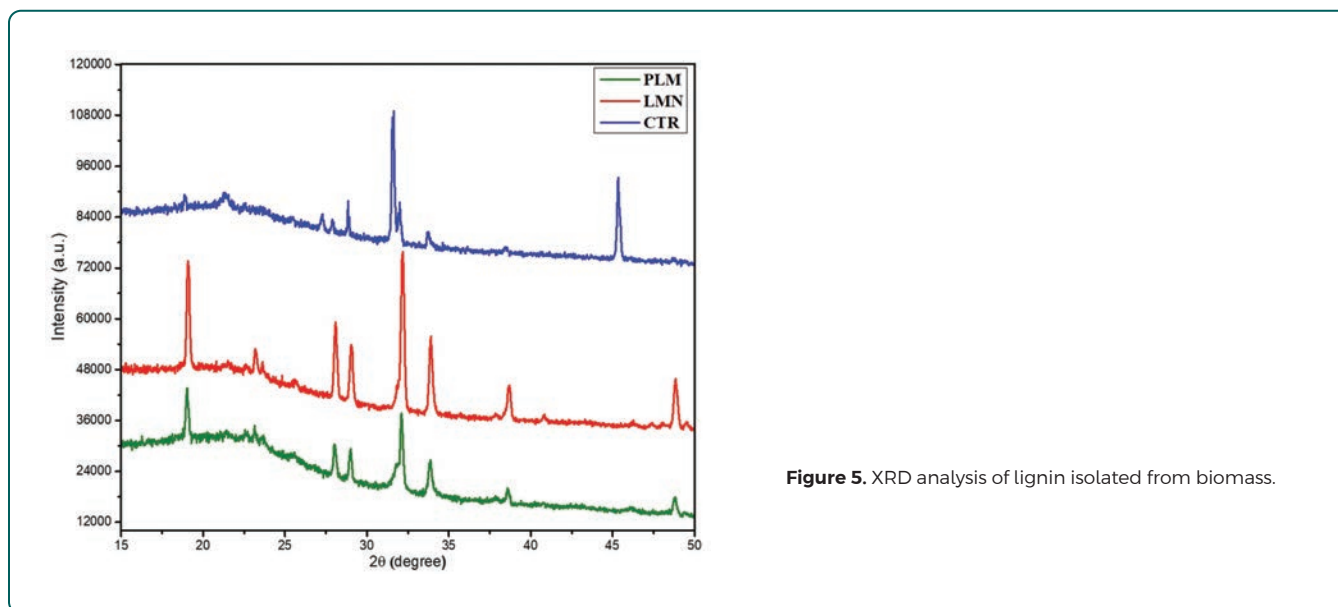
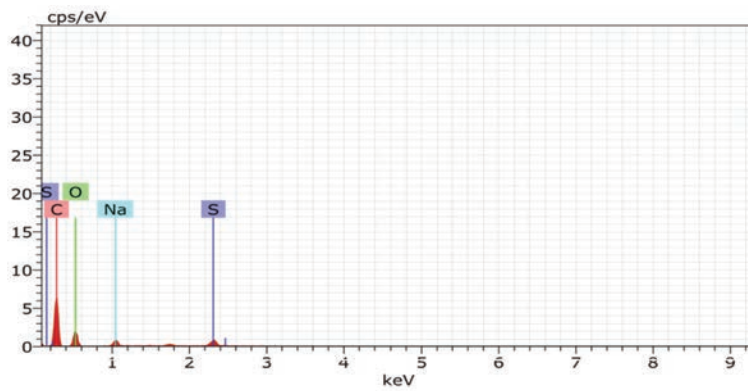


Figure 5. XRD analysis of lignin isolated from biomass.



चित्र 6: पामारोसा कचरे से पृथक लिग्निन का ईडीएस विश्लेषण।

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error	(3 Sigma) [wt.%]
Carbon	K-series	62.37	62.37	70.27		25.60
Oxygen	K-series	31.42	31.42	26.57		15.49
Sulfur	K-series	3.03	3.03	1.28		0.48
Sodium	K-series	3.19	3.19	1.88		0.78
Total:		100.00	100.00	100.00		

घोल गोल तल वाले फ्लास्क में लिया गया था। लगातार सरगर्मी की स्थिति में प्रतिक्रिया को 2 घंटे के लिए 100 डिग्री सेल्सियस पर गर्म किया गया था। पूरा होने के बाद, हीटिंग बंद कर दिया गया था, और प्रतिक्रिया तरल युक्त फ्लास्क को कमरे के तापमान पर ठंडा किया गया था। इसके अलावा, अपकेन्द्रित के लिए प्रतिक्रिया मिश्रण के अधीन, अवधारण जलीय चरण को अलग करने के बाद एक बैक तरल प्रस्तुत किया गया, जहां से 0.5N एच2एसओ4 के पतला समाधान के आवेदन द्वारा पीएच 3.0 पर लिग्निन अवक्षेपित किया गया था। अवक्षेप के रूप में लिग्निन को फिल्टर पेपर पर एकत्र किया गया और एक ओवन (~ 124 मिलीग्राम, 12.4% पृथक उपज) में सुखाया गया। एफटी-आईआर (चित्र 4), ईडीएस (चित्र 5), और एक्सआरडी विश्लेषण (चित्र 6) पृथक लिग्निन के पूर्ण लक्षण वर्णन के लिए किए गए थे और सिग्मा-एल्ट्रिच (एमईआरसीके) से खरीदे गए मानक लिग्निन के साथ तुलना की गई थी।

लिग्निन की मात्रा का अनुमान निम्नलिखित सूत्र द्वारा लगाया गया।

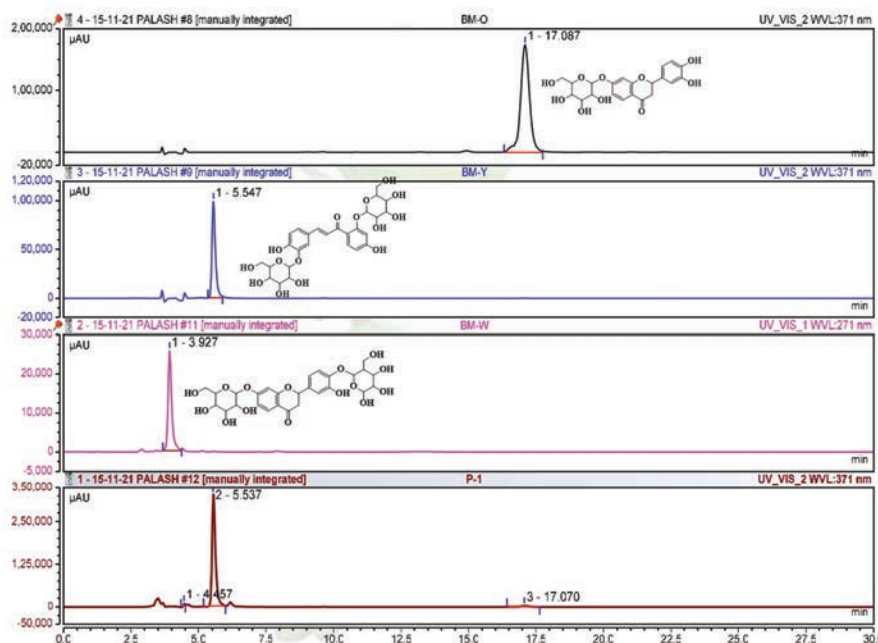
बरामद लिग्निन (ग्राम)

लिग्निन उपज (भार प्रतिशत) = ----- X 100

प्रारंभिक खर्च सुगंधित बायोमास (ग्राम)

बुटिया मोनोस्पर्मा (लैम।) कुन्टज़ (पलाश) से खाद्य ग्रेड डाई।

रंगीन या रंगीन योजक वे पदार्थ हैं जो भोजन या गैर-खाद्य पदार्थों को विशिष्ट रंग प्रदान करते हैं। आम तौर पर, कृत्रिम रंग, जैसे, लाल 40 (ई129), पीला 5 (ई102), पीला 6 (ई110), नीला 2 (ई132), आदि, अक्सर उत्पाद के स्वाद या स्थिरता को प्रभावित किए बिना भोजन की संभावना में उपयोग किए जाते हैं। रंग प्रभाव के बावजूद, कई दुष्प्रभाव, जैसे, बच्चों में अति-गतिविधि, एलर्जी, विष विज्ञान, और ऐसी सामग्रियों से जुड़ी कैंसरजन्यता ने सिंथेटिक खाद्य रंगों के उपयोग पर वैश्विक प्रतिबंध लगा दिया है। इसके परिणामस्वरूप खाद्य ग्रेड अनुप्रयोगों के लिए सिंथेटिक



चित्र 7: डाई पाउडर में घटकों का पता लगाने और मात्रा का ठहराव के लिए एचपीएलसी

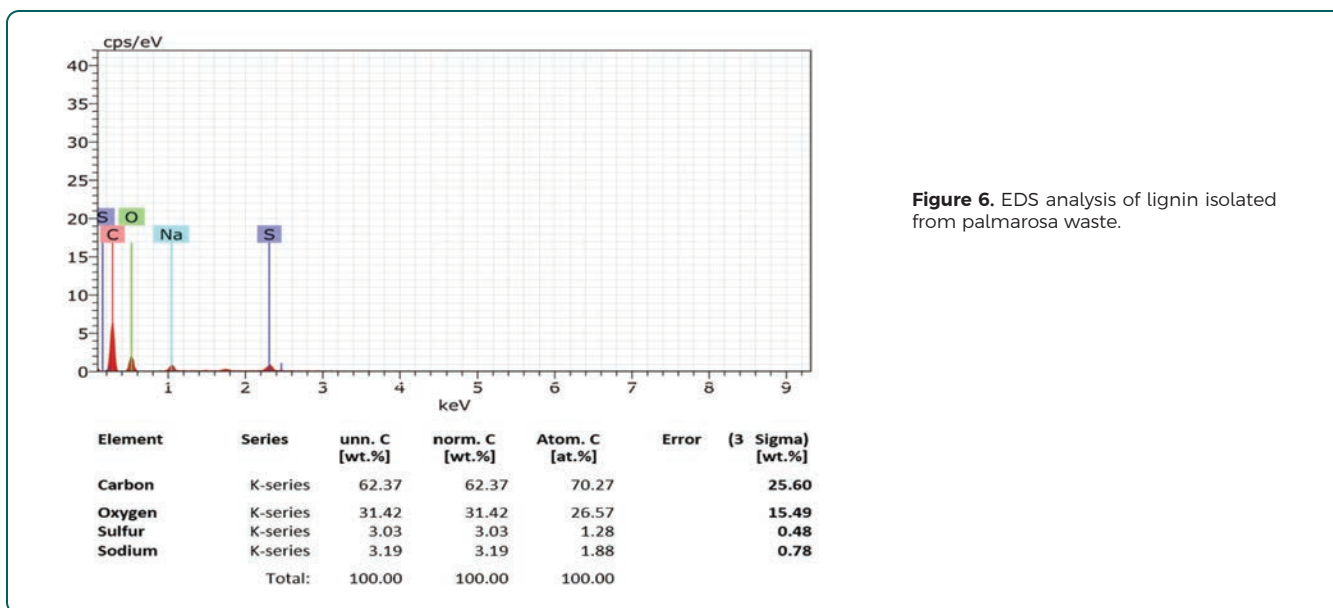


Figure 6. EDS analysis of lignin isolated from palmarosa waste.

in an oven (~124 mg, 12.4% isolated yield). FT-IR (Figure 4), EDS (Figure 5), and XRD analysis (Figure 6) were carried out for complete characterization of isolated lignin and comparisons were made with the standard lignin purchased from Sigma-Aldrich (MERCK).

Amount of lignin was estimated by formula given under following.

$$\text{Lignin yield (wt \%)} = \frac{\text{Recovered lignin (g)}}{\text{Initial spent aromatic biomass (g)}} \times 100$$

Food grade dye from Butea Monosperma (Lam.) Kuntze (Palash): Colorants or color additives are the substances that impart characteristic colors to food or non-food materials. Generally, artificial colorants, e.g., Red 40 (E129), Yellow 5 (E102), Yellow 6 (E 110), Blue 2 (E 132), etc., are frequently used in food prospective without impacting the product's taste or stability. Notwithstanding with the coloring efficacy, several side effects, e.g., hyper-activity in children, allergenicity, toxicological, and carcinogenicity associated with such materials have led to a global ban on the use of synthetic food colorants. This resulted into the start of a new trend for using natural coloring materials instead of the synthetic ones for food grade applications. In addition, an increase in the desire to label food items as natural have also contributed to a sig-

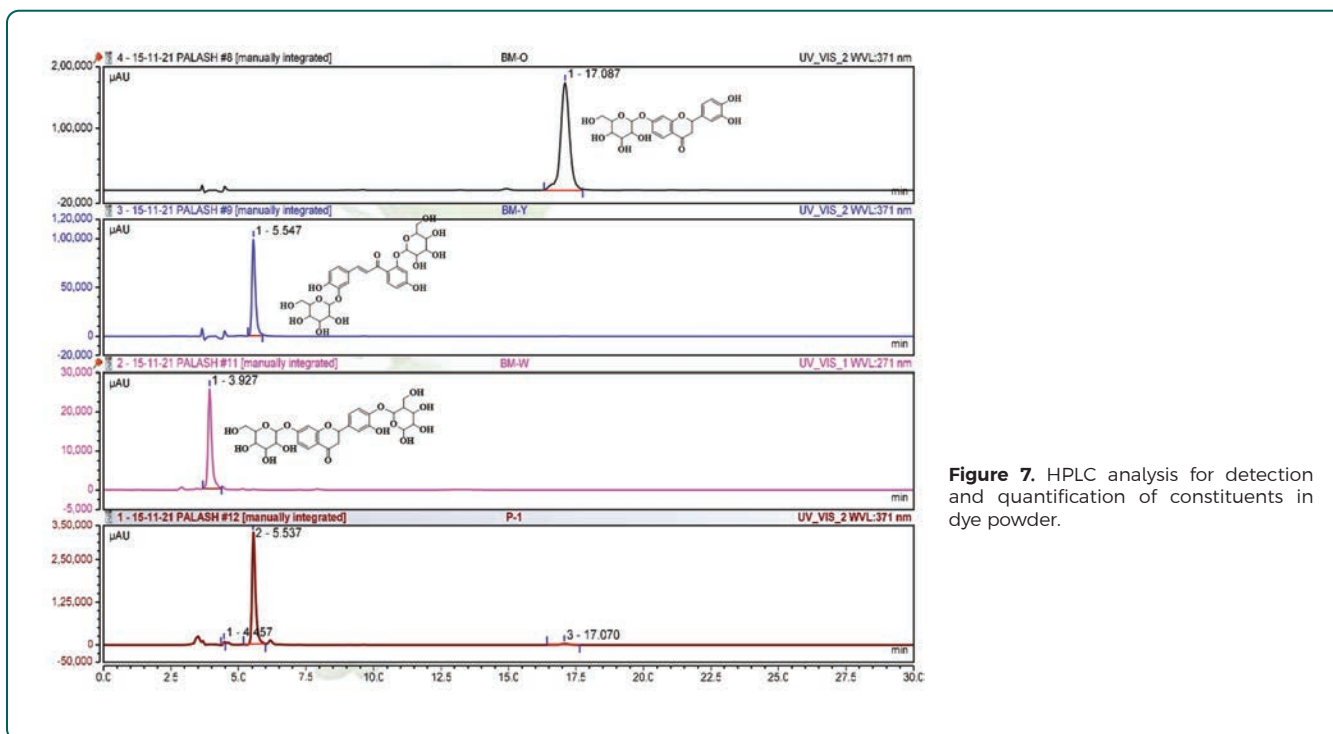
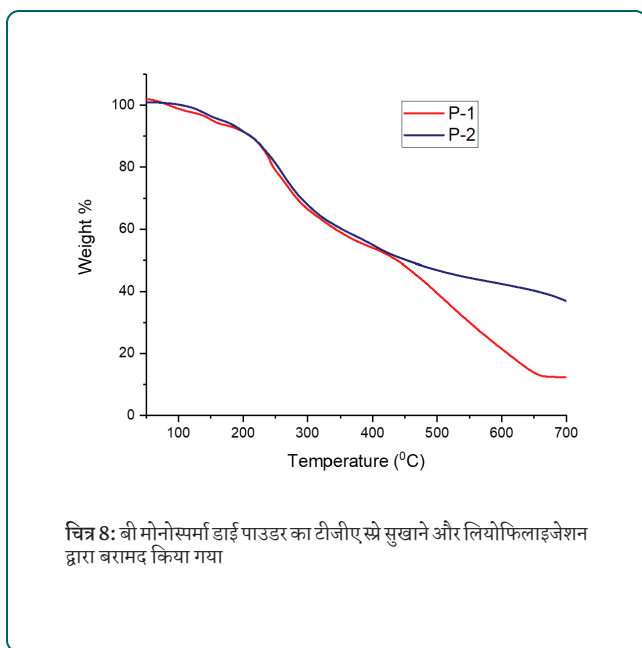


Figure 7. HPLC analysis for detection and quantification of constituents in dye powder.



चित्र 8: बी मोनोस्पर्म डार्ड पाउडर का टीजीए स्प्रे सुखाने और लियोफिलाइजेशन द्वारा बरामद किया गया

के बजाय प्राकृतिक रंग सामग्री का उपयोग करने के लिए एक नई प्रवृत्ति की शुरुआत हुई। इसके अलावा, खाद्य पदार्थों को प्राकृतिक के रूप में लेबल करने की इच्छा में वृद्धि ने भी सिंथेटिक खाद्य रंगों के उपयोग में उल्लेखनीय गिरावट में योगदान दिया है। इस प्रकार, खाद्य और पेय पदार्थों में उपयोग के लिए प्राकृतिक रंगों/रंगों के साथ सिंथेटिक रंगद्रव्य के प्रतिस्थापन के लिए एक बढ़ती रुचि है।

प्राकृतिक डार्ड/पिगमेंट मुख्य रूप से पौधों के विभिन्न भागों जैसे जड़, छाल, पत्तियों, फलों और फूलों से प्राप्त होते हैं। उन्हें गैर-एलर्जी, गैर-विषाक्त, गैर-कार्सिनोजेनिक माना गया है, और प्रकृति में बायोडिग्रेडेबल हैं, इसलिए, पर्यावरण के लिए कोई प्रत्यक्ष/अप्रत्यक्ष जोखिम नहीं है। ब्यूटिया मोनोस्पर्म, जिसे पलाश के नाम से भी जाना जाता है, के फूलों से प्राप्त डार्ड/रंगीन पीले से नारंगी रंग की विशेषता के लिए औषधीय और खाद्य उद्योगों में उपयोग किया जाता है। प्रसंस्करण के बाद कच्चे फूलों की पंखुड़ियों का रंग शीतल पेय और अन्य खाद्य उत्पादों, जैसे, जैम, चाउ मीन, नूडल्स, सॉसेज, आदि में रंग सामग्री के रूप में काम करता है। बी मोनोस्पर्म फूलों से विशिष्ट डार्ड को अलग करने के लिए अनुसंधान की अधिक संभावना है, हालांकि, डार्ड की सटीक संरचना अभी तक पूरी तरह से स्थापित नहीं हुई है। अधिकांश अध्ययन वाष्पशील कार्बनिक सॉल्वेंट्स के उपयोग पर निर्भर करते हैं, जैसे, एन-हेक्सेन, क्लोरोफॉर्म, एथिल एसीटेट, मेथनॉल, इथेनॉल, आदि। डार्ड निष्कर्षण में प्रभावकारिता के बावजूद, कार्बनिक सॉल्वेंट्स में होने वाली अवशिष्ट अशुद्धियाँ और अन्य संदूषक स्वास्थ्य का उत्पादन कर सकते हैं। भोजन की तैयारी के लिए आवेदन पर खतरा है। सॉल्वेंट एक्सट्रैक्ट डार्ड की स्थिरता भी बहुत भिन्न होती है, इसलिए, आज तक डार्ड घटकों के पूर्ण लक्षण वर्णन को निर्दिष्ट नहीं किया जा सकता है। अधिकांश रिपोर्ट कॉलम क्रोमैटोग्राफी के अनुप्रयोग द्वारा वाष्पशील विलायक से निकाले गए डार्ड ओलियोरेसिन में यौगिकों के अलगाव और लक्षण वर्णन पर केंद्रित हैं। हर्बल मानकीकरण के लिए कच्चे डार्ड के अर्क के एचपीएलसी विश्लेषण और सबस्ट्रेट के रूप में बी मोनोस्पर्म फूलों से सीधे प्रारंभिक पैमाने पर इसके उत्पादन पर कोई रिपोर्ट नहीं है।

इसलिए, यह जांच एक कार्बनिक विलायक मुक्त स्थिति के तहत बी मोनोस्पर्म फूल की पंखुड़ियों से प्राकृतिक डार्ड की निकासी के लिए एक स्पष्ट उद्देश्य के साथ की जाती है, जिससे गर्म पानी में फूलों की पंखुड़ियों को निकालने के बाद झिल्ली प्रौद्योगिकी के माध्यम से शुद्धिकरण एक स्पष्ट पारदर्शी परिणाम होता है। भूरे रंग का तरल, जिसमें से पीले से भूरे रंग के पाउडर के रूप में उत्पाद को लियोफिलाइजेशन और/या स्प्रे सुखाने की तकनीक के अनुप्रयोग द्वारा पुनर्प्राप्त किया जाता है। बरामद डार्ड के घटकों को विश्लेषण की एक उच्च प्रदर्शन तरल क्रोमैटोग्राफी (एचपीएलसी) विधि द्वारा मान्य किया जाता है। प्रारंभिक-एचपीएलसी विश्लेषण और कॉलम क्रोमैटोग्राफी के आवेदन द्वारा निकाले गए बी मोनोस्पर्म डार्ड से कुल तीन यौगिकों को उच्च शुद्धता (~ 99%) में अलग किया जाता है। सभी पृथक यौगिकों

की विशेषता यूवी, आईआर, एनएमआर और मास स्पेक्ट्रोमेट्री है। बी मोनोस्पर्म डार्ड में यौगिकों का पता लगाने और मात्रा का ठहराव एचपीएलसी विश्लेषण द्वारा मान्य किया गया है।

बी मोनोस्पर्म के फूलों से प्रकृति डार्ड का निष्कर्षण

बी मोनोस्पर्म की फूलों की पंखुड़ियों को इकट्ठा किया जाता है, सुखाया जाता है और यांत्रिक ग्राइंडर का उपयोग करके महीन पाउडर में पिसा जाता है। एक पूरी तरह से सूखे बीकर को 500 एमएल उबलते मिलि-क्यू पानी में पाउडर फूल की पंखुड़ियों (20 ग्राम) से इस तरह चार्ज किया जाता है कि पौधे की सामग्री पूरी तरह से तरल में डूब जाती है। प्रतिक्रिया मिश्रण को 2 घंटे के लिए 1000 आरपीएम पर उभारा जाता है। समय बीत जाने के बाद, मलमल के कपड़े से गुजार कर पानी के अर्क से अवशेषों को अलग किया जाता है। प्राप्त भूरे रंग के तरल को गैर-रंगीन और अवाञ्छित यौगिकों को हटाने के लिए 300 केडी झिल्ली का उपयोग करके आरओ-पानी (तीन बार) से धोया जाता है। अवधारण तरल को ठोस पाउडर (7.0 ग्राम, उपज ~ 35%) के रूप में उत्पाद के रूप में भूरे रंग के डार्ड को वहन करने के लिए 100 केडी झिल्ली का उपयोग करके केंद्रित किया जाता है। इसी तरह, अवधारण परत के स्प्रे सुखाने से ठोस पाउडर (2.0 ग्राम, उपज ~ 10%) के रूप में उत्पाद के रूप में भूरे रंग का डार्ड होता है।

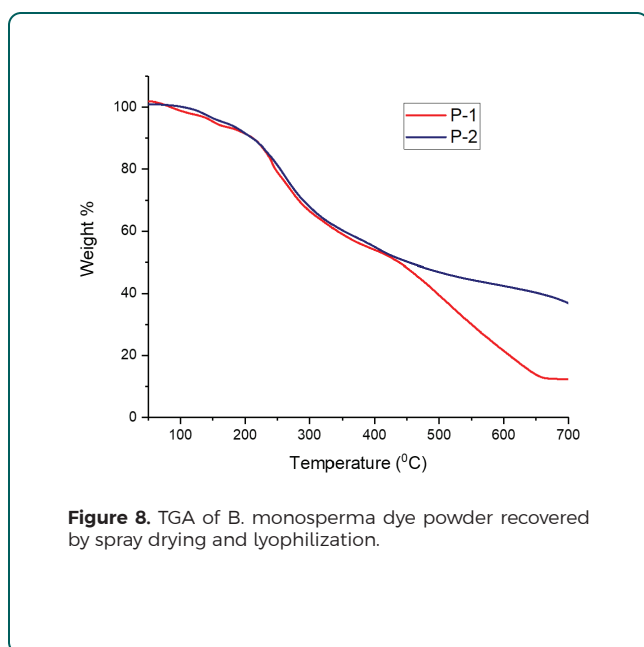
प्रकृति डार्ड घटकों का अलगाव और लक्षण वर्णन

बी मोनोस्पर्म डार्ड पाउडर सिलिका जेल सिलिका जेल (200-400 मेश) पर क्रोमैटोग्राफ किया जाता है और ~ 99% शुद्धता में ब्यूट्रिन, आइसो-ब्यूट्रिन और आइसो-कोरोपिन को वहन करने के लिए डाइक्लोरोमेथेन-मेथनॉल के ढाल मिश्रण के साथ निकला है। पृथक यौगिकों को यूवी-दृश्यमान, एफटी-आईआर, एनएमआर और मास स्पेक्ट्रोमेट्री जैसे स्पेक्ट्रोस्कोपिक तरीकों की विशेषता से चिन्हित किया।

ब्यूट्रिन (सी27एच32ओ15): UV λ max: 217, 271, 328 nm; IR (KBr) ν max: 3308, 2880, 1663, 1073, 595 cm^{-1} ; $^1\text{H NMR}$ (500 MHz, D_2O): δ 7.86 (d, J = 10 Hz, 1H), 7.27 (s, 1H), 7.11-7.09 (m, 1H), 6.97-6.95 (m, 1H), 6.80 (dd, J = 10, 5 Hz, 1H), 6.67 (s, 1H), 5.54 (d, J = 10 Hz, 1H), 5.13-5.12 (m, 1H), 5.02 (d, J = 5 Hz, 1H), 3.87-3.82 (m, 2H), 3.71-3.65 (m, 2H), 3.58-3.52 (m, 4H), 3.47-3.42 (m, 2H), 3.21-3.15 (m, 2H), 2.88-2.85 (m, 2H); ESI-MS: m/z [M+H]⁺ 597.1808 (calcd m/z 596.1741).

आइसो-ब्यूट्रिन (सी27एच32ओ15): UV λ max: 217, 271, 371, 408 nm; IR (KBr) ν max: 3325, 2881, 1712, 1070, 653 cm^{-1} ; $^1\text{H NMR}$ (500 MHz, DMSO-d_6): δ 13.47 (s, 1H), 8.89 (s, 1H), 7.76-7.71 (m, 1H), 7.31-7.28 (m, 1H), 7.09-7.03 (m, 1H), 6.87-6.85 (m, 1H), 6.74-6.71 (m, 1H), 6.68-6.67 (m, 1H), 5.49-5.45 (m, 1H), 5.40-5.36 (m, 1H), 5.21-5.14 (m, 2H), 5.13-5.10 (m, 1H), 5.05-4.99 (m, 1H), 4.92-4.78 (m, 1H), 4.74-4.71 (m, 1H), 4.65-4.58 (m, 2H), 3.72-3.64 (m, 2H), 3.51-3.45 (m, 3H), 3.35-3.31 (m, 2H), 3.29-3.28 (m, 1H), 3.26-3.23 (m, 1H), 3.20-3.16 (m, 2H), 2.72-2.67 (m, 1H), 1.30-1.23 (m, 1H); $^{13}\text{C NMR}$ (500 MHz, DMSO): δ 191.9, 190.5, 165.0, 163.3, 162.8, 147.1, 145.0, 129.6, 127.8, 121.5, 115.7, 115.2, 110.8, 103.4, 102.1, 101.8, 99.6, 99.5, 79.1, 77.0, 76.3, 73.0, 69.7, 69.3, 60.5, 60.4, 42.9; ESI-MS: m/z [M+H]⁺ 597.1813 (calcd m/z 596.1741).

आइसो-कोरोपिन (सी21एच22ओ10): UV λ max: 217, 348, 371, 408 nm; IR (KBr) ν max: 3327, 2881, 1709, 1072, 654 cm^{-1} ; $^1\text{H NMR}$ (500 MHz, DMSO-d_6): δ 9.64 (s, 1H), 9.06 (s, 1H), 8.80 (s, 1H), 8.12 (d, J=5 Hz, 1H), 7.71-7.70 (m, 1H), 7.65 (dd, J = 5, 10 Hz, 1H), 7.28-7.26 (m, 1H), 6.85 (s, 1H), 6.84 (s, 1H), 6.53 (dd, J = 10, 10 Hz, 1H), 6.37-6.36 (m, 1H), 6.30 (d, J = 5 Hz, 1H), 5.43-5.39 (m, 2H), 4.24-4.21 (m, 1H), 4.04-4.01 (m, 2H), 3.93 (d, J = 5 Hz, 1H), 3.80-3.79 (m, 1H), 3.72-3.69 (m, 2H), 2.96-2.93 (m, 1H); $^{13}\text{C NMR}$ (500 MHz, D_2O): δ 190.0, 164.6, 146.9, 140.1, 129.9, 128.2, 123.0, 115.5, 113.4, 110.4, 103.8, 102.5, 76.7, 75.9, 73.3, 72.4, 69.8, 62.9, 60.9, 55.8, 43.0; ESI-



nificant decline in the use of synthetic food colorants. Thus, there is a surging interest for the replacement of synthetic pigments with natural colorants/dyes for application in foods and beverages.

Natural dye/pigments are primarily derived from different parts of plants like root, bark, leaves, fruit and flowers. They have been considered non-allergic, non-toxic, non-carcinogenic, and are biodegradable in nature, therefore, pose no direct/indirect risk to the environment. The dye/colorant obtained from flowers of plant *Butea monosperma*, also known as Palash, is used in medicinal and food industries for the characteristic yellow to orange color. The crude flower petals dye after processing serve as a coloring material in soft drinks and other food products, e.g., jam, chow Mein, noodles, sausage, etc. A plethora of research has been prospected to isolate the characteristic dye from the *B. monosperma* flowers, however, the exact composition of the dye is not yet fully established. Most of studies rely on the use of volatile organic solvents, e.g., n-hexane, chloroform, ethyl acetate, methanol, ethanol, etc. Notwithstanding the efficacy in dye extraction, the residual impurities and other contaminants occurring in the organic solvents may produce health hazard on application to food preparations. The consistency of solvent extracted dye also varies greatly, hence, till date the complete characterization of dye constituents could not have been specified. Majority of reports are focused on isolation and characterization of compounds from volatile solvent extracted dye oleoresin by the application of column chromatography. There are no reports on HPLC analysis of the crude dye extract towards the herbal standardization and its production at preparative scale directly from *B. monosperma* flowers as a substrate.

Therefore, this investigation is carried out with an explicit objective for the extraction of natural dye from *B. monosperma* flower petals under an organic solvent free condition, whereby, extraction of flower petals in hot water followed by purification through the membrane technology results a clear transparent brown liquid, wherefrom, product in the form of yellow to brown powder is recovered by the application of lyophilization and/or spray drying technology. The constituents of recovered dye are validated by a high performance liquid chromatography (HPLC) method of analysis. A total of three compounds are isolated in high purity (~99%) from the extracted *B. monosperma* dye by the application of prepara-

tive-HPLC analysis and column chromatography. All the isolated compounds are characterized by UV, IR, NMR, and Mass spectrometry. Detection and quantification of compounds in the parent *B. monosperma* dye is validated by HPLC analysis.

Extraction of nature dye from flowers of *B. monosperma*:

The flower petals of *B. monosperma* are collected, dried, and grounded into fine powder using mechanical grinder. A completely dried beaker is charged with powdered flower petals (20 g) in 500 mL of boiling Milli-Q water in a manner that the plant material is fully immersed in the liquid. The reaction mixture is stirred at 1000 rpm for 2 h. After time elapsed, residue is separated from the water extract by passing through a muslin cloth. A brown coloured liquid obtained is washed with RO-water (three times) using 300 kD membrane to remove non-colorants and undesired compounds. The retentive liquid is concentrated using 100 kD membrane followed by lyophilization to afford brown coloured dye as product in the form of solid powder (7.0 g, yield ~35%). Likewise, the spray drying of retentive layer afford brown coloured dye as product in the form of solid powder (2.0 g, yield ~10%).

Isolation and characterization of nature dye constituents:

The *B. Monosperma* dye powder is chromatographed over silica gel silica gel (200-400 mesh) and eluted with gradient mixtures of dichloromethane-methanol to afford butrin, isobutrin and iso-coreopsin in ~99% purity. The isolated compounds are characterized by spectroscopic methods such as UV-visible, FT-IR, NMR and Mass spectrometry.

Butrin (C₂₇H₃₂O₁₅): UV λ max: 217, 271, 328 nm; IR (KBr) ν max: 3308, 2880, 1663, 1073, 595 cm⁻¹; ¹H NMR (500 MHz, D₂O): δ 7.86 (d, J = 10 Hz, 1H), 7.27 (s, 1H), 7.11-7.09 (m, 1H), 6.97-6.95 (m, 1H), 6.80 (dd, J = 10, 5 Hz, 1H), 6.67 (s, 1H), 5.54 (d, J = 10 Hz, 1H), 5.13-5.12 (m, 1H), 5.02 (d, J = 5 Hz, 1H), 3.87-3.82 (m, 2H), 3.71-3.65 (m, 2H), 2.88-2.85 (m, 4H), 3.47-3.42 (m, 2H), 3.21-3.15 (m, 2H), 2.28-2.85 (m, 2H); ESI-MS: m/z [M+H]⁺ 597.1808 (calcd m/z 596.1741).

Iso-butrin (C₂₇H₃₂O₁₅): UV λ max: 217, 271, 371, 408 nm; IR (KBr) ν max: 3325, 2881, 1712, 1070, 653 cm⁻¹; ¹H NMR (500 MHz, DMSO-d₆): δ 13.47 (s, 1H), 8.89 (s, 1H), 7.76-7.71 (m, 1H), 7.31-7.28 (m, 1H), 7.09-7.03 (m, 1H), 6.87-6.85 (m, 1H), 6.74-6.71 (m, 1H), 6.68-6.67 (m, 1H), 5.49-5.45 (m, 1H), 5.40-5.36 (m, 1H), 5.21-5.14 (m, 2H), 5.13-5.10 (m, 1H), 5.05-4.99 (m, 1H), 4.92-4.78 (m, 1H), 4.74-4.71 (m, 1H), 4.65-4.58 (m, 2H), 3.72-3.64 (m, 2H), 3.51-3.45 (m, 3H), 3.35-3.31 (m, 2H), 3.29-3.28 (m, 1H), 3.26-3.23 (m, 1H), 3.20-3.16 (m, 2H), 2.72-2.67 (m, 1H), 1.30-1.23 (m, 1H); ¹³C NMR (500 MHz, DMSO): δ 191.9, 190.5, 165.0, 163.3, 162.8, 147.1, 145.0, 129.6, 127.8, 121.5, 115.7, 115.2, 110.8, 103.4, 102.1, 101.8, 99.6, 99.5, 79.1, 77.0, 76.3, 73.0, 69.7, 69.3, 60.5, 60.4, 42.9; ESI-MS: m/z [M+H]⁺ 597.1813 (calcd m/z 596.1741).

Iso-coreopsin (C₂₁H₂₂O₁₀): UV λ max: 217, 348, 371, 408 nm; IR (KBr) ν max: 3327, 2881, 1709, 1072, 654 cm⁻¹; ¹H NMR (500 MHz, DMSO-d₆): δ 9.64 (s, 1H), 9.06 (s, 1H), 8.80 (s, 1H), 8.12 (d, J=5 Hz, 1H), 7.71-7.70 (m, 1H), 7.65 (dd, J = 5, 10 Hz, 1H), 7.28-7.26 (m, 1H), 6.85 (s, 1H), 6.84 (s, 1H), 6.53 (dd, J = 10, 10 Hz, 1H), 6.37-6.36 (m, 1H), 6.30 (d, J = 5 Hz, 1H), 5.43-5.39 (m, 2H), 4.24-4.21 (m, 1H), 4.04-4.01 (m, 2H), 3.93 (d, J = 5 Hz, 1H), 3.80-3.79 (m, 1H), 3.72-3.69 (m, 2H), 2.96-2.93 (m, 1H); ¹³C NMR (500 MHz, D₂O): δ 190.0, 164.6, 146.9, 140.1, 129.9, 128.2, 123.0, 115.5, 113.4, 110.4, 103.8, 102.5, 76.7, 75.9, 73.3, 72.4, 69.8, 62.9, 60.9, 55.8, 43.0; ESI-MS: m/z [M+H]⁺ 435.1260 (calcd m/z 434.1213).

Detection and quantification of constituents in product dye:

The constituents of the product dye powder are detected and quantified by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) method of analysis using pure (~99%) isolated compounds as standards under the chromatographic condition stated as: C18 (4.6x100) mm with particle size 5 μ m, mobile phase 25% acetonitrile and 75% deionized water containing

MS: m/z [M+H] + 435.1260 (calcd m/z 434.1213).

उत्पाद डाई में घटकों का पता लगाना और मात्रा का ठहराव: उत्पाद डाई पाउडर के घटकों का पता उच्च प्रदर्शन तरल क्रोमैटोग्राफी (एचपीएलसी) विश्लेषण की विधि द्वारा शुद्ध (~ 99%) पृथक यौगिकों का उपयोग करके क्रोमैटोग्राफिक स्थिति के तहत मानकों के रूप में वर्णित किया जाता है: सी 18 (4.6x100) मिमी कण आकार के साथ 5µm, मोबाइल चरण 25% एसीटोनिट्राइल और 75% विआयनीकृत पानी जिसमें 0.01% ऑर्थोफोस्फोरिक एसिड होता है, प्रवाह दर 0.3 एमएल / मिनट कॉलम तापमान 30 डिग्री सेल्सियस, तरंग दैर्ध्य 271 एनएम और 371 एनएम पर पीडीए का उपयोग करके पता लगाना, रन टाइम 30 मिनट। जैसा कि एचपीएलसी क्रोमैटोग्राम (चित्र 1) से स्पष्ट है, बी मोनोस्पर्म से प्राप्त डाई में सक्रिय घटक के रूप में शामिल हैं: आइसोकोरोप्सिन (~ 15.1 wt%), ब्यूट्रिन (~ 6.0 wt%), और आइसोब्यूट्रिन (~ 50 wt%)।

थर्मल स्थिरता का निर्धारण: बी मोनोस्पर्म फूल के अर्क से प्राप्त डाई पाउडर की स्थिरता एन2 वातावरण के तहत थर्मो-ग्रेविमेट्रिक (टीजीए) विश्लेषण द्वारा निर्धारित की जाती है। एक इज़ोटेर्म-हीटिंग प्रोग्राम को 100 से 700 डिग्री सेल्सियस तक व्यवस्थित किया जाता है। कम शोर वाले टीजी सिग्नल प्राप्त करने के लिए, सभी परीक्षणों के लिए 70 एमएल मिनट-1 का निरंतर गैस प्रवाह निर्धारित किया गया था। थर्मोबैलेंस के लिए तापमान माप की सटीकता ±1 डिग्री सेल्सियस है। वजन घटने और तापमान के निरंतर रिकॉर्ड प्राप्त किए जाते हैं और डाई पाउडर की वाष्पीकरण दर (वजन-हानि% मिनट-1) निर्धारित करने के लिए उपयोग किया जाता है। जैसा कि चित्र 2 से स्पष्ट है, लियोफिलाइजेशन के माध्यम से बरामद बी मोनोस्पर्म डाई प्रसंस्करण तापमान >200 डिग्री सेल्सियस तक स्थिर है।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ खर्च किए गए सुगंधित कचरे से एथिल ग्लूकोसाइड के उत्पादन के लिए एक सॉल्वोथर्मल दृष्टिकोण।
- ◆ जाइलोज और लिग्निन को सह-उत्पाद के रूप में प्राप्त किया गया।
- ◆ एथेनॉल में पी-सीमेन-2-सल्फोनिक एसिड (पी-सीयसए) का उपयोग प्रतिक्रिया माध्यम के रूप में किया गया।
- ◆ इथाइल- α,β -ग्लूकोसाइड अनुकूलित स्थिति के तहत अच्छी पैदावार (~17%) में प्राप्त होते हैं।
- ◆ बिना किसी साइड उत्पाद और ब्लैक टार फॉर्मेशन के उत्पाद निर्माण में उच्च चयनात्मकता।
- ◆ ब्यूटिया मोनोस्पर्म (पलाश) की फूलों की पंखुड़ियों से उच्च उपज (~35%) में खाद्य ग्रेड डाई/रंगीन पाउडर तैयार करने के लिए एक कार्बनिक विलायक मुक्त प्रक्रिया।
- ◆ गर्म पानी के साथ डाई का निष्कर्षण और सूक्ष्म, और अल्ट्रा-निस्पंदन झिल्ली प्रणाली द्वारा अर्क का शुद्धिकरण।
- ◆ लायोफिलाइजेशन और/या स्प्रे सुखाने की तकनीक के अनुप्रयोग द्वारा उत्पाद की वसूली।
- ◆ स्पेक्ट्रोस्कोपिक और विश्लेषणात्मक तकनीकों द्वारा डाई घटकों का पूर्ण लक्षण वर्णन।

0.01% orthophosphoric acid, flow rate 0.3 mL/min column temperature 30°C, detection using PDA at wavelength 271 nm and 371 nm, run time 30 min. As evident from HPLC chromatogram (Figure 1), the dye obtained from *B. Monosperma* contains: isocoreopsin (~15.1 wt%), butrin (~6.0 wt %), and isobutrin (~50 wt%) as active constituents.

Determination of thermal stability: The stability of dye powder obtained from *B. Monosperma* flower extract is determined by Thermo-gravimetric (TGA) analysis under N₂ atmosphere. An isotherm-heating program is settled from 100 to 700 °C. In order to obtain a low-noise TG signal, a constant gas flow of 70 mL min⁻¹ was set for all the tests. The precision of temperature measurement for the thermobalance is ±1 °C. The continuous records of weight-loss and temperature is obtained and used to determine the evaporation rates (weight-loss % min⁻¹) of dye powder. As evident from Figure 2, the *B. Monosperma* dye recovered through lyophilization is stable >200 °C of processing temperature.

Salient Achievements

- ◆ A solvothermal approach for production of ethyl glucosides from spent aromatic waste.
- ◆ Xylose and lignin were obtained as co-products.
- ◆ p-Cymene-2-sulphonic acid (p-CSA) in ethanol was used as a reaction media.
- ◆ Ethyl- α,β -glucosides obtained in good yields (~17%) under the optimized condition.
- ◆ High selectivity in product formation with no side products and black tar formation.
- ◆ An organic solvent free process for preparation of a food grade dye/colorant powder in high yield (~35%) from flower petals of *Butea Monosperma* (Palash).
- ◆ Extraction of dye with hot water and purification of extract by micro-, and ultra-filtration membrane system.
- ◆ Product recovery by the application of lyophilization and/or spray drying technology.
- ◆ Complete characterization of dye constituents by spectroscopic and analytical techniques.

बायोटेक्नोलॉजी और सिंथेटिक बायोलॉजी



डॉ.सुधीर पी सिंह
वैज्ञानिक-डी

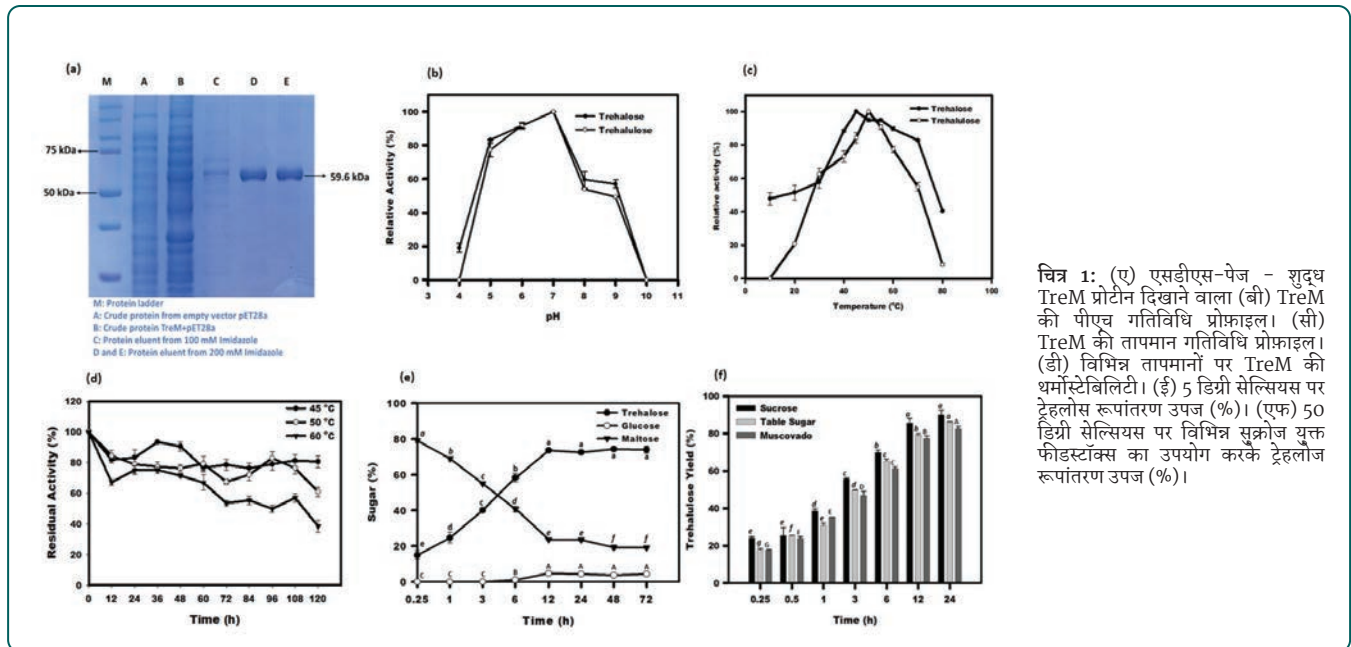
रिसर्च फेलो
सत्या एन. पटेल, मनीषा शर्मा
नम्रता जोशी, मोनिका ठाकुर
गिरिजा कौशल
नितीश शर्मा

विशेषज्ञता

आणविक जीव विज्ञान, जैव प्रौद्योगिकी, सिंथेटिक जीव विज्ञान।

ट्रेहलोज एक चीनी अणु है जिसमें α, α -(1) ग्लाइकोसिडिक बॉन्ड के माध्यम से जुड़े ग्लूकोज की दो इकाइयां होती हैं। स्वाभाविक रूप से, यह स्तनधारियों को छोड़कर विभिन्न जीवों में पाया गया है। यह चीनी एक विट्रीफिकेशन एजेंट के रूप में कार्य करती है और जीव को हाइपोथर्मिया, आसमाटिक तनाव और सूखे से बचाती है। इसे आम तौर पर सुरक्षित (जीआरएएस) का दर्जा दिया गया है। खाद्य उद्योग में इसका उपयोग स्वाद बढ़ाने और आइस क्रीम जैसे जमे हुए उत्पादों की तैयारी

के लिए किया जाता है। इसे एक शक्तिशाली एंटीऑक्सीडेंट घटक माना जाता है। यह दवा उद्योग में क्रायोप्रेजर्वेंट के रूप में भी प्रयोग किया जाता है। इसका उपयोग रक्त कोशिकाओं, शुक्राणु कोशिकाओं और अन्य ऊतकों के क्रायोप्रोटेक्शन में किया जाता है। इसका उपयोग प्रोटीन के लिए स्टेबलाइजर के रूप में किया जाता है। हमने थर्मल स्पिंग मेटागेनोम से पहचाने गए एक उपन्यास ट्रेहलोज सिंथेज को नियोजित करके ट्रेहलोज के उत्पादन के लिए एक एंजाइमेटिक प्रक्रिया विकसित की है। इस



चित्र 1: (ए) एसडीएस-पेज - शुद्ध TreM प्रोटीन दिखाने वाला (बी) TreM की पीएच गतिविधि प्रोफाइल। (सी) TreM की तापमान गतिविधि प्रोफाइल। (डी) विभिन्न तापमानों पर TreM की थर्मोस्टैबिलिटी। (ई) 5 डिग्री सेल्सियस पर ट्रेहलोज रूपांतरण उपज (%)। (एफ) 50 डिग्री सेल्सियस पर विभिन्न सुक्रोज युक्त फोडस्टॉक्स का उपयोग करके ट्रेहलोज रूपांतरण उपज (%)।

BIOTECHNOLOGY & SYNTHETIC BIOLOGY



Dr. Sudhir P Singh
Scientist-D

Research Fellows

Satya N. Patel
Girija Kaushal
Neera Agarwal
Monika Thakur
Nitesh Sharma
Sweety Sharma
Ashutosh Singh

Expertise: Molecular biology, biotechnology, synthetic biology.

Trehalose is a sugar molecule consisting of two units of glucose linked via α, α -(1) glycosidic bond. Naturally, it has been detected in a variety of organisms, except mammals. This sugar functions as a vitrification agent and protects the organism from hypothermia, osmotic stress and drought. It has been accorded Generally Recognized as Safe (GRAS) status. In food industry, it is used as a flavor enhancer and for the preparation of frozen products like ice creams. It is

considered a potent antioxidant ingredient. It is also used as a cryopreservant in the pharmaceutical industry. It is used in cryoprotection of blood cells, sperm cells, and other tissues. It is used as stabilizer for proteins. We have developed an enzymatic process for the production of trehalose by employing a novel trehalose synthase identified from the thermal spring metagenome. This enzyme has dual catalytic activities for biosynthesizing trehalose as well as trehalulose. Trehalulose

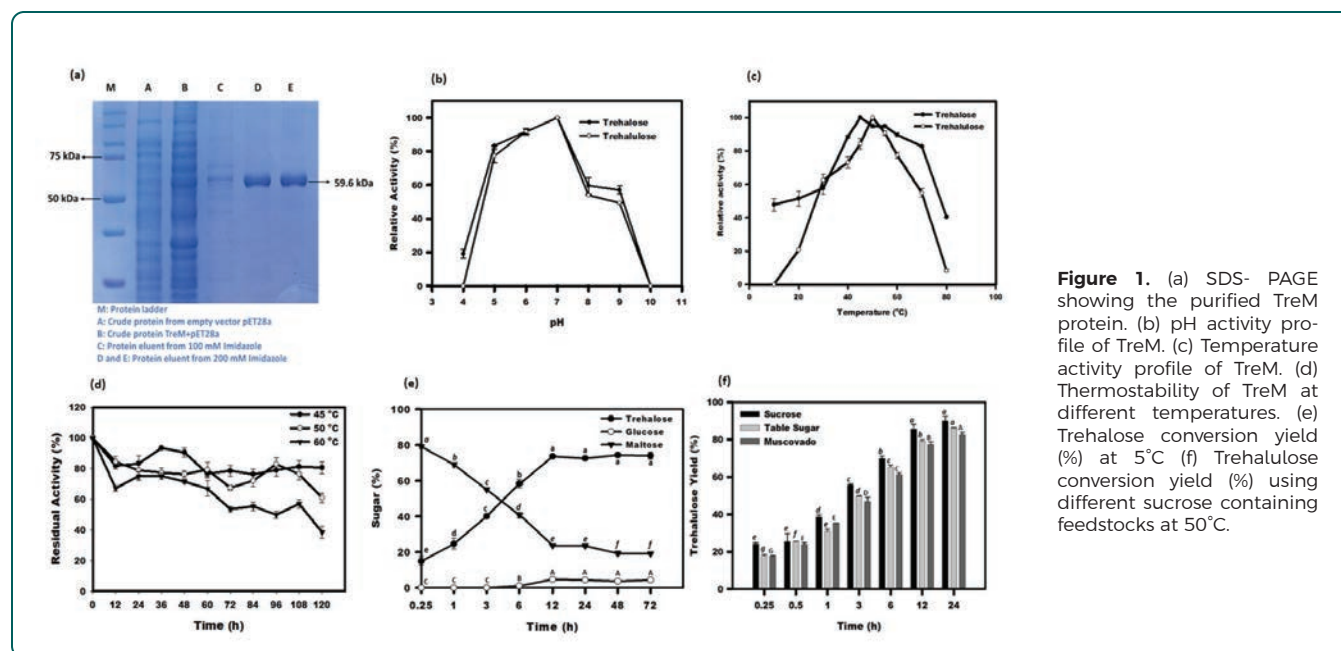
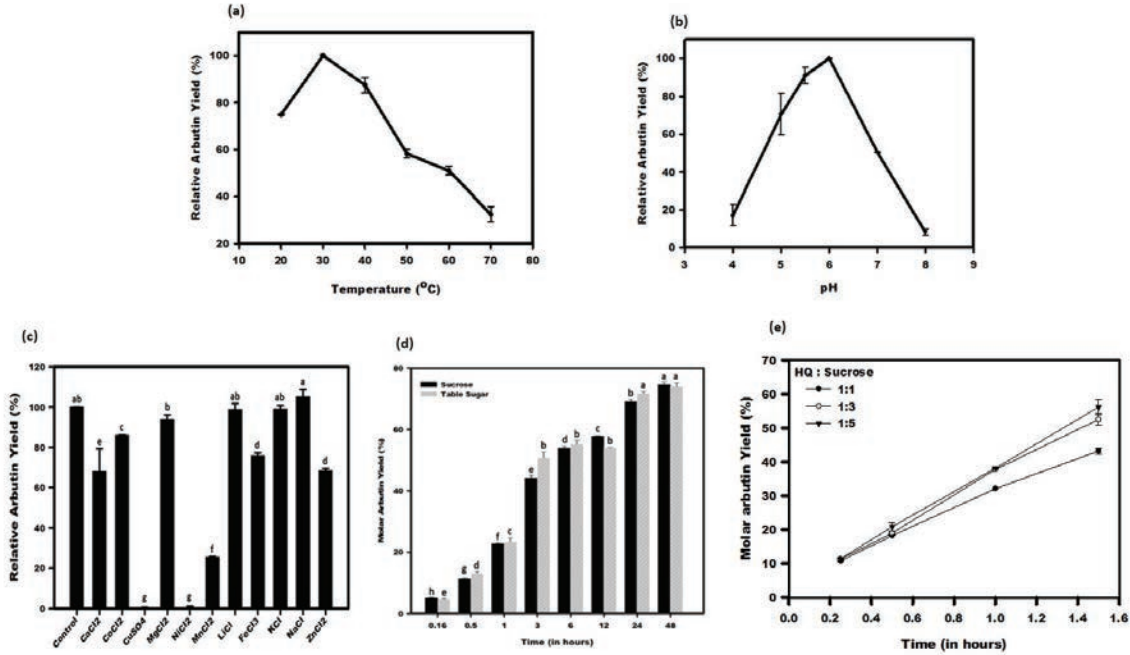


Figure 1. (a) SDS- PAGE showing the purified TreM protein. (b) pH activity profile of TreM. (c) Temperature activity profile of TreM. (d) Thermostability of TreM at different temperatures. (e) Trehalose conversion yield (%) at 5°C (f) Trehalulose conversion yield (%) using different sucrose containing feedstocks at 50°C.



चित्र 2: (ए) Asmet की आर्बुटिन जैव संश्लेषण गतिविधि पर तापमान का प्रभाव (चित्र 2बी)। Asmet की आर्बुटिन जैव संश्लेषण गतिविधि पर पीएच का प्रभाव (चित्र 2सी)। Asmet की ट्रांसग्लुकोसिलेशन गतिविधि पर धातु आयनों का प्रभाव (चित्र 2डी)। अलग-अलग समय बिंदुओं पर सुक्रोज और टेबल शुगर का उपयोग करके प्राप्त आर्बुटिन जैव संश्लेषण उपज (चित्र 2ई) बायोकेटलिस्ट्स के रूप में पूरे पुनः संयोजक कोशिकाओं का उपयोग करके आर्बुटिन जैव संश्लेषण उपज।

एंजाइम में ट्रेहलोज के साथ-साथ ट्रेहलुलोज को जैवसंश्लेषण करने के लिए दोहरी उत्प्रेरक गतिविधियां हैं। ट्रेहलुलोज एक गैर-क्रिस्टलीय दुर्लभ चीनी है जिसमें कम ग्लाइसेमिक इंडेक्स होता है। यह प्राकृतिक रूप से शहद में पाया जाता है। ट्रेहलुलोज की गैर-कैरियोजेनिक और एंटीऑक्सीडेंट प्रकृति के कारण, इसे एक कार्यात्मक चीनी के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।

क्रायोप्रोटेक्टेंट चीनी, ट्रेहलोज और सुक्रोज समावयवी, ट्रेहलुलोज के उत्पादन के लिए एक नवीन ट्रेहलोज सिंथेज:

एक अत्यधिक तापमान (98 °C) गर्म पानी के झरने के मेटागेनोम से एक नवीन ट्रेहलोज सिंथेज जीन (treM) की पहचान की गई थी। BLASTx ने खुलासा किया कि treM ने *Thermanaerotherrix daxensis* (अनैच्छिक) के साथ 88% पहचान प्रदर्शित की। जीन को pET अभिव्यक्ति वेक्टर में क्लोन किया गया था और एक विषम मेजबान, *Escherichia coli* में व्यक्त किया गया था। निकल-एनटीए आत्मीयता क्रोमैटोग्राफी का उपयोग करके प्रोटीन को शुद्ध किया गया

था और इसकी शुद्धता की जांच एसडीएस-पेज (चित्र 1ए) द्वारा की गई थी। TreM प्रोटीन जैव रासायनिक रूप से ट्रेहलोज और ट्रेहलुलोज के उत्पादन के लिए विशेषता थी, क्रमशः माल्टोज और सुक्रोज को सबस्ट्रेट के रूप में लेते हुए। TreM ने 5.0 से 7.0 (चित्र 1 बी) की पीएच श्रेणी में दोहरी उत्प्रेरक गतिविधि प्रदर्शित की। ट्रेहलोज बायोसिंथेसिस 4 से 70°C के तापमान की विस्तृत श्रृंखला में हासिल किया गया है, जबकि ट्रेहलुलोज का उत्पादन 30 से 80 °C (चित्र 1सी) पर किया जा सकता है। न्यूनतम उप-उत्पाद निर्माण के साथ ट्रेहलोज उत्पादन में निम्न तापमान कटौतिलीस उपयोगी है। TreM अत्यधिक थर्मोस्टेबल पाया गया, जो 60 °C (चित्र 1डी) पर 96 घंटे के आधे जीवन को प्रदर्शित करता है। 74% ट्रेहलोज (चित्र 1ई) और 90% ट्रेहलुलोज उपज (चित्र 1एफ) की अधिकतम रूपांतरण उपज क्रमशः माल्टोज और सुक्रोज से सबस्ट्रेट के रूप में प्राप्त की गई थी। TreM सुक्रोज से ट्रेहलुलोज के जैवसंश्लेषण को उत्प्रेरित करने में भी सक्षम था जिसमें कम लागत वाले फीडस्टॉक्स जैसे गन्ना गुड़, कच्ची शक्कर और टेबल शुगर शामिल थे।



चित्र 3: आलू के छिलके से स्टार्च निकालना

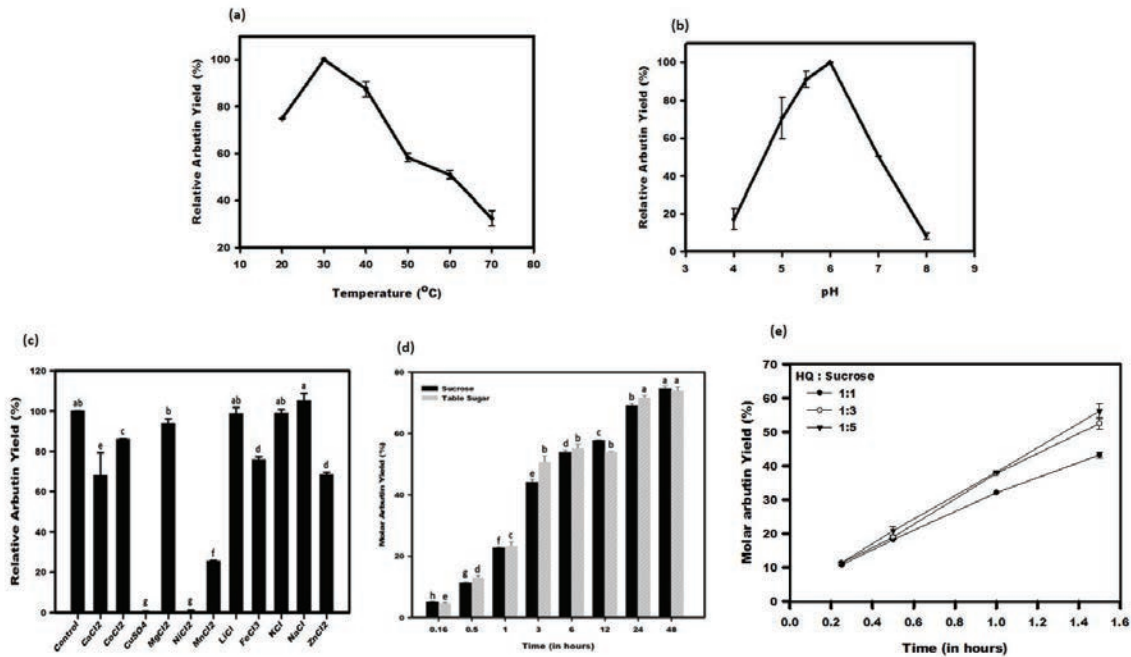


Figure 2. (a) Effect of temperature on arutin biosynthetic activity of Asmet. (b) Effect of pH on arutin biosynthetic activity of Asmet. (c) Effect of metal ions on transglucosylation activity of Asmet (d) Arbutin biosynthesis yield obtained using sucrose and table sugar at different time points (e) Arbutin biosynthesis yield using whole recombinant cells as biocatalysts.

is a non-crystalline rare sugar with low-glycemic index. It is naturally found in honey. Owing to the noncariogenic and antioxidant nature of trehalulose, it can be used as a functional sugar.

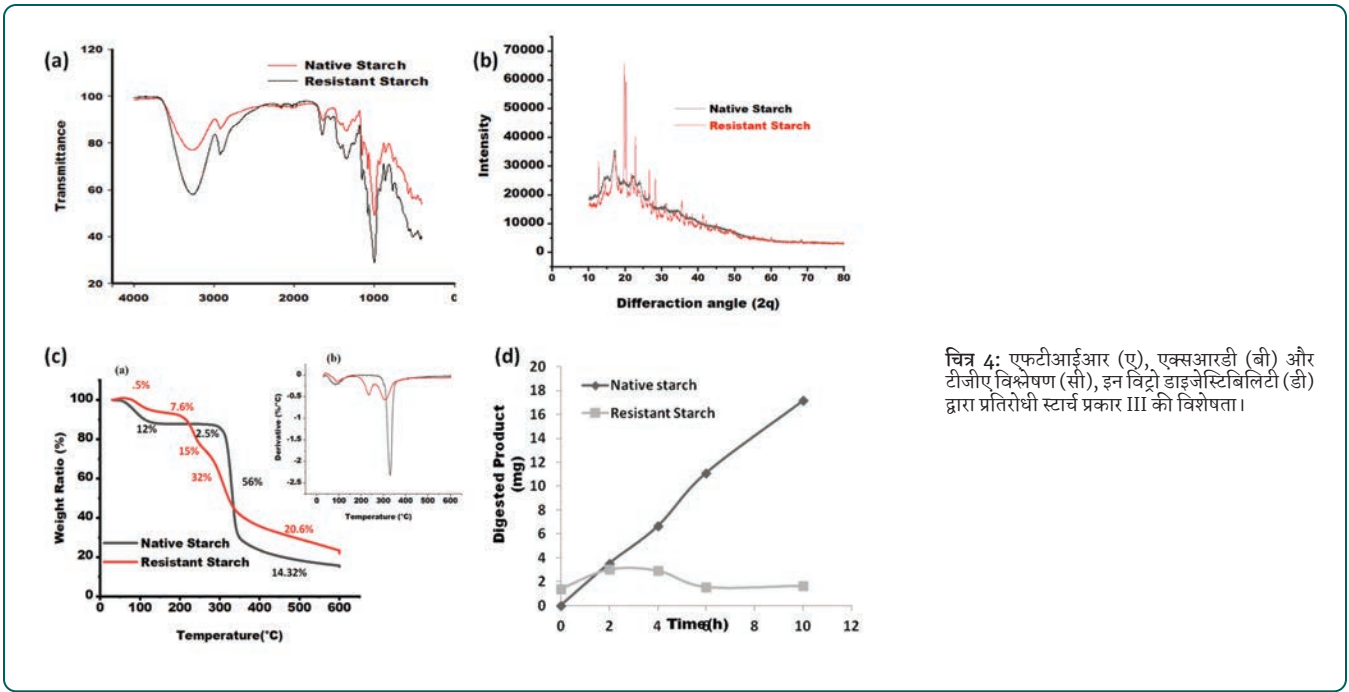
A novel trehalose synthase for the production of cryoprotectant sugar, trehalose and sucrose isomer, trehalulose:

A novel trehalose synthase gene (treM) was identified from the metagenome of an extreme temperature (98°C) hot spring. BLASTx revealed that treM exhibited 88% identity with *Thermanaerotherrix daxensis* (uncharacterized). The gene was cloned in pET expression vector and expressed in a heterologous host, *Escherichia coli*. The protein was purified using Ni-NTA affinity chromatography and its purity was checked by SDS-PAGE (Figure 1a). TreM protein was biochemically characterized for the production of trehalose and trehalulose,

taking maltose and sucrose as substrate, respectively. TreM exhibited dual catalytic activity in the pH range of 5.0 to 7.0 (Figure 1b). Trehalose biosynthesis has been achieved in the broad range of temperatures, of 4 to 70°C, whereas trehalulose could be produced at 30 to 80°C (Figure 1c). The low temperature catalysis is useful in trehalose production with minimum by-product formation. TreM was found to be highly thermostable, displaying the half-life of 96 h at 60°C (Figure 1d). The maximum conversion yield of 74% trehalose (Figure 1e) and 90% trehalulose yield (Figure 1f) was obtained from maltose and sucrose as substrate, respectively. TreM was also able to catalyse biosynthesis of trehalulose from the sucrose containing low-cost feedstocks like cane molasses, muscovado, and table sugar.



Figure 3. Starch extraction from potato peel.

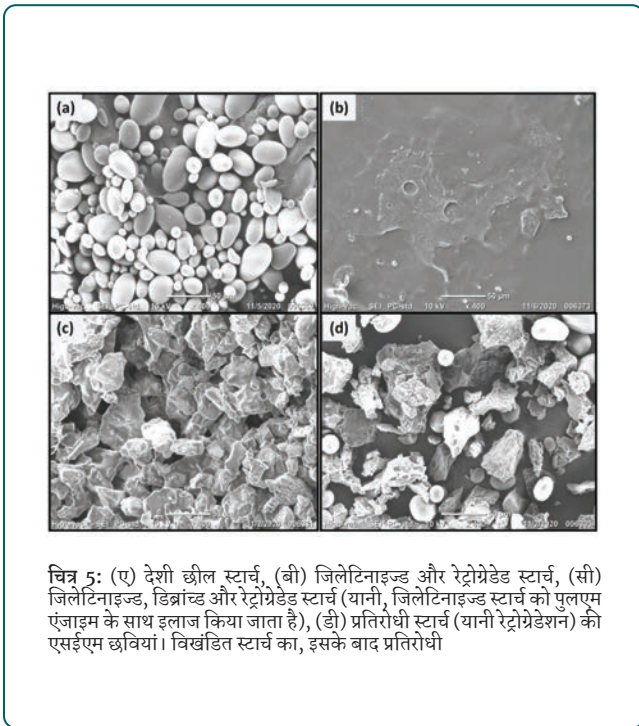


चित्र 4: एफटीआईआर (ए), एक्सआरडी (बी) और टीजीए विश्लेषण (सी), इन विट्रो डाइजेस्टिबिलिटी (डी) द्वारा प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III की विशेषता।

हाइड्रोक्विनोन के ट्रांसग्लुकोसिलेशन द्वारा α - आर्बुटिन का एंजाइमेटिक उत्पादन: आर्बुटिन हाइड्रोक्विनोन का एक ग्लाइकोसिलेटेड उत्पाद है, जो स्वाभाविक रूप से बियरबेरी, क्रेनबेरी, शहतूत और गेहूं के पौधे में मौजूद होता है। यह अपने एंटीऑक्सीडेंट और सूजन विरोधी संबंधी गुणों के कारण कॉस्मेटिक उत्पादों और दवा उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। आर्बुटिन मेलानोसाइट्स में मेलैनिन जैव संश्लेषण को कम करने में मदद करता है, इस प्रकार धूप की कालिमा और मेलास्मा के रोगियों में हाइपरपिग्मेंटेशन को कम करता है। यह एक रेडियोप्रोटेक्टिव और क्रायोप्रोटेक्टिव एजेंट के रूप में कार्य करता है, और इसका उपयोग घाव भरने के लिए किया जा सकता है। α - आर्बुटिन माइक्रोबियल एंजाइमों द्वारा उत्प्रेरित हाइड्रोक्विनोन के ट्रांसग्लाइकोसिलेशन द्वारा निर्मित होता है, जैसे कि एमाइलосуक्रेज़।

हमने हाइड्रोक्विनोन (ग्लूकोसाइल स्वीकर्ता) और सुक्रोज (ग्लूकोसाइल डोनर) से α - आर्बुटिन के उत्पादन के लिए एक उपन्यास एमाइलосуक्रेज़ (Asmet) को नियोजित किया है।

एक थर्मल जलीय आवास मेटागेनोम से पहचाने जाने वाले एक नवीन एमाइलосуक्रेज़ जीन (Asmet) को क्लोन किया गया था और एक विषम मेजबान, एस्चेरिचिया कोलाई में व्यक्त किया गया था। प्रोटीन को एफिनिटी क्रोमैटोग्राफी के माध्यम से शुद्ध किया गया था और इसकी शुद्धता की जांच एसडीएस-पेज द्वारा की गई थी। Asmet प्रोटीन को आर्बुटिन के उत्पादन के लिए जैव रासायनिक रूप से चित्रित किया गया था। Asmet ने 5.0 से 7.0 पीएच और 20 से 50 °C (चित्र 2 ए, बी) पर पर्याप्त गतिविधि हाइड्रोक्विनोन ग्लाइकोसिलेशन का प्रदर्शन किया। धातु गतिविधि प्रोफाइल ने एंजाइम की गतिविधि (चित्र 2सी) पर Cu, Ni और Mn की उपस्थिति के नकारात्मक प्रभावों का खुलासा किया। ऊष्मायन के 24 घंटे में, 0.1 M सुक्रोज और 20mM हाइड्रोक्विनोन को Asmet (चित्र 2डी) के साथ इलाज करके, अधिकतम 70% आर्बुटिन प्राप्त किया गया था। इसके अलावा, Asmet कम लागत वाले फीडस्टॉक्स में मौजूद सुक्रोज का उपयोग ग्लूकोसाइल डोनर के रूप में करने में सक्षम था, जैसे कि टेबल शुगर, कच्ची शक्कर, और मीठे शर्बत के रस। आर्बुटिन उत्पादन के लिए पूरे पुनः संयोजक ई. कोलाई कोशिकाएं, Asmet को व्यक्त करते हुए, ट्रांसग्लुकोसिलेशन प्रतिक्रिया करने में सक्षम थीं, 1.5 घंटे के उत्प्रेरक प्रतिक्रिया (चित्र 2ई) में लगभग 50% आर्बुटिन का उत्पादन करती हैं। इसलिए, Asmet का उपयोग औद्योगिक पैमाने पर आर्बुटिन उत्पादन के लिए किया जा सकता है।



चित्र 5: (ए) देशी छील स्टार्च, (बी) जिलेटिनाइज्ड और रेट्रोग्रेडेड स्टार्च, (सी) जिलेटिनाइज्ड, डिब्रॉच और रेट्रोग्रेडेड स्टार्च (यानी, जिलेटिनाइज्ड स्टार्च को पुलएएम एंजाइम के साथ इलाज किया जाता है), (डी) प्रतिरोधी स्टार्च (यानी रेट्रोग्रेडेशन) की एसईएम छवियां। विखंडित स्टार्च का, इसके बाद प्रतिरोधी

आलू के छिलके के बायोमास का प्रतिरोधी स्टार्च III और माल्टूलीगोसेकेराइड अणुओं में मूल्यांकन: आलू भारत की कृषि प्रणाली में महत्वपूर्ण योगदान देने वाली महत्वपूर्ण फसलों में से एक है और इसे विभिन्न प्रकार के उत्पादों जैसे चिप्स, फ्राइज़, मैश किए हुए आलू और फ्लेक्स में संसाधित किया जाता है। प्रसंस्करण गतिविधियों के परिणामस्वरूप बड़ी मात्रा में छिलके निकलते हैं, जिससे भारी कचरा पैदा होता है। आलू के छिलके आलू उद्योग के लिए एक गंभीर निपटान समस्या का प्रतिनिधित्व करते हैं क्योंकि माइक्रोबियल गतिविधियों के कारण गीले छिलके जल्दी खराब हो जाते हैं। उपयोगी उत्पादों में छिलकों का उपयोग वांछनीय है। पील बायोमास में काफी मात्रा में स्टार्च होता है। इस अध्ययन में, आलू के छिलके से स्टार्च निकाला गया था, और इसे एंजाइमेटिक रूप से डिब्रॉच किया गया था, एक उपन्यास प्रकार 1 पुलुलानेज़, पुलम को नियोजित किया गया था, और टाइप III प्रतिरोधी स्टार्च (आरएस 3) के संश्लेषण के लिए प्रतिगामीकरण के अधीन किया गया था। RS3 खाद्य उद्योग में वांछनीय एक गर्मी स्थिर प्रीबायोटिक घटक है।

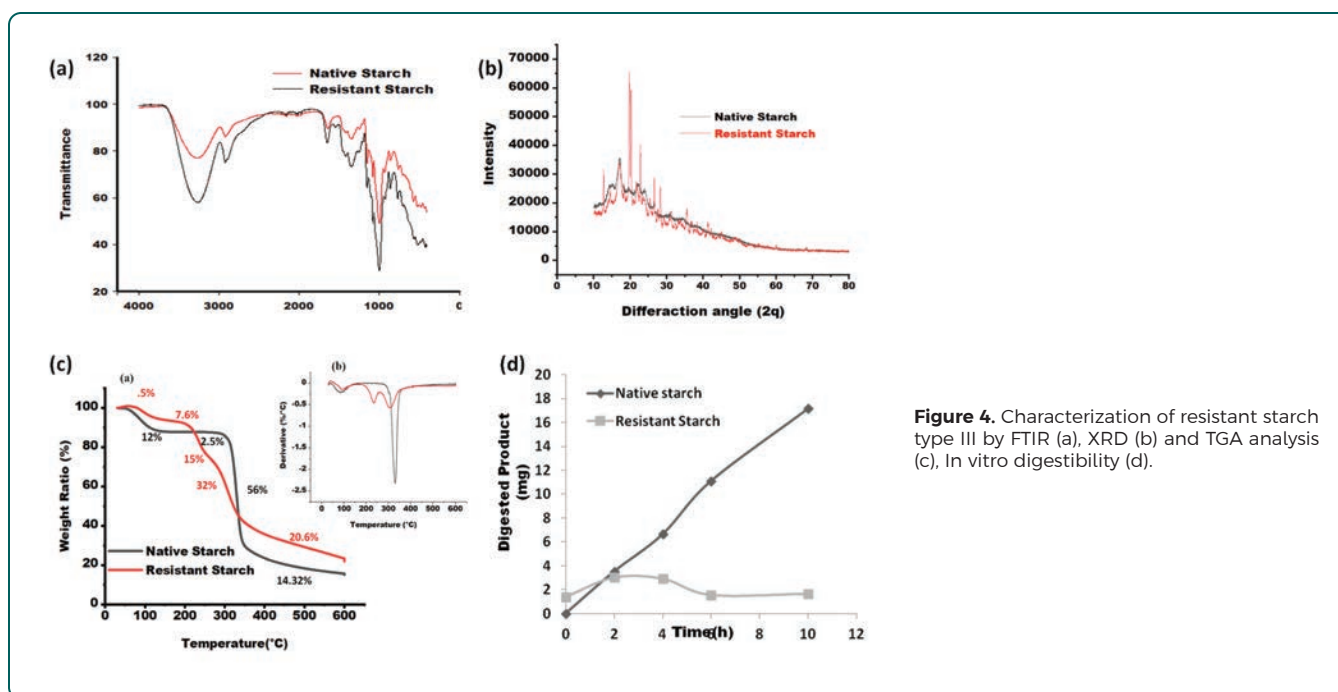


Figure 4. Characterization of resistant starch type III by FTIR (a), XRD (b) and TGA analysis (c), In vitro digestibility (d).

Enzymatic production of α -arbutin by transglucosylation of hydroquinone: Arbutin is a glycosylated product of hydroquinone, naturally present in bearberry, cranberry, mulberry and wheat plant. It is widely used in cosmetic products and pharmaceutical industries owing to its antioxidant and anti-inflammatory properties. Arbutin helps in reducing the melanin biosynthesis in melanocytes, thus reducing the hyperpigmentation in patients with sunburn and melasma. It acts as a radioprotective and cryoprotective agent, and can be used for wound healing. α -arbutin is produced by transglucosylation of hydroquinone catalyzed by microbial enzymes, such as amylosucrase. We have employed a novel amylosucrase (Asmet) for production of α -arbutin from hydroquinone (acceptor) and

sucrose (glucosyl donor).

A novel amylosucrase gene (Asmet), identified from a thermal aquatic habitat metagenome, was cloned and expressed in a heterologous host, *Escherichia coli*. The protein was purified via affinity chromatography and its purity was checked by SDS-PAGE. Asmet protein was biochemically characterized for the production of arbutin. Asmet exhibited substantial activity hydroquinone glycosylation at a 5.0 to 7.0 pH and 20 to 50°C (Figure 2a,b). Metal activity profile revealed negative effects of the presence of Cu, Ni and Mn on enzyme's activity (Figure 2c). In 24 h of incubation, a maximum of 70% arbutin was obtained, by treating 0.1 M sucrose and 20 mM hydroquinone with Asmet (Figure 2d). Moreover, Asmet was also able to use the sucrose present in the low-cost feed-stocks like table sugar, muscovado, and sweet sorghum juice, as glucosyl donor for arbutin production. Whole recombinant *E. coli* cells, expressing Asmet were also able to carry transglucosylation reaction, producing about 50% arbutin in 1.5 h of catalytic reaction (Figure 2e). Hence, Asmet could be used for arbutin production at industrial scale.

Valorization of potato peel biomass into resistant starch III and maltooligosaccharide molecules: Potato is one of the crucial crops contributing immensely to India's agricultural system and are processed into a variety of products such as chips, fries, mashed potatoes and flakes. The processing activities result in a great amount of peels, creating huge waste. Potato peels represent a severe disposal problem to the potato industry since wet peels gets quickly spoiled due to microbial activities. Utilization of peels into useful products is desirable. Peel biomass contains considerable amount of starch. In this study, starch was extracted from the potato peel, and it was enzymatically debranched, employing a novel type 1 pullulanase, PulM, and subjected to retrogradation for synthesis of type III resistant starch (RS3). RS3 is a heat stable prebiotic ingredient desirable in food industry.

Potato peel is rich in starch, which is the key source of energy in the human diet, and can be used in textile, paper, food, cosmetic, and pharmaceutical industries. Starch was extracted from the potato peel biomass. About 40 g of starch could be obtained per kg of potato peel biomass (Figure 1). This peel derived starch was estimated to contain about 25%

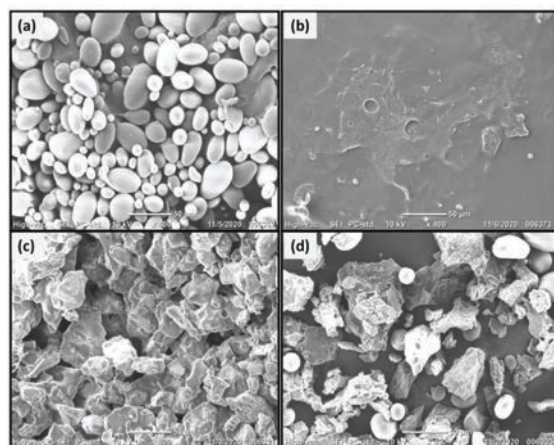


Figure 5. SEM images of (a) native peel starch, (b) Gelatinized and retrograded starch, (c) Gelatinized, debranched and retrograded starch (i.e., gelatinized starch treated with PulM enzyme), (d) resistant starch (i.e. retrogradation of the debranched starch, followed by isolation of resistant starch).

आलू का छिलका स्टार्च से भरपूर होता है, जो मानव आहार में ऊर्जा का प्रमुख स्रोत है, और इसका उपयोग कपड़ा, कागज, भोजन, कॉस्मेटिक और दवा उद्योगों में किया जा सकता है। आलू के छिलके के बायोमास से स्टार्च निकाला जाता था। प्रति किलो आलू के छिलके के बायोमास से लगभग 40 ग्राम स्टार्च प्राप्त किया जा सकता है (चित्र 1)। इस छिलके से प्राप्त स्टार्च में लगभग 25% एमाइलोज होने का अनुमान लगाया गया था। स्टार्च को डीब्रांचिंग के लिए PulM के साथ उपचारित किया गया, जिससे PulM ट्रे के 10 घंटे में एमाइलोज सामग्री लगभग 80% में उल्लेखनीय वृद्धि हुई। 100 ग्राम पील स्टार्च से लगभग 45 ग्राम प्रतिरोधी स्टार्च की उपज प्राप्त की गई थी। देशी और प्रतिरोधी स्टार्च नमूनों को आकार वितरण, स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एसईएम), एक्स-रे विवर्तन, थर्मो ग्रेविमेट्रिक विश्लेषण (टीजीए), और फूरियर ट्रांसफॉर्म इन्फ्रारेड (एफटी-आईआर) स्पेक्ट्रोस्कोपी, और एक्स-रे विवर्तन (एक्सआरडी) का उपयोग करने की विशेषता थी। (चित्र 2)। SEM ने आलू स्टार्च की संरचनात्मक विशेषताओं का खुलासा किया। TGA पानी की उपस्थिति में स्टार्च के ऊष्मीय व्यवहार में तल्लीन करता है, जबकि FTIR और XRD ने विश्लेषण किया। प्रतिरोधी स्टार्च तैयार करने के दौरान, स्टार्च के सुपाच्य अनुपात को α -amylase उपचार के अधीन किया गया, जिसके परिणामस्वरूप माल्टोलीगोसेकेराइड का उत्पादन हुआ।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ ट्रेहलोस और ट्रेहलुलोज के उत्पादन के लिए एक नए ट्रेहलोस सिंथेज (टीआरईएम) की पहचान की गई है और इसकी विशेषता बताई गई है। TreM उच्च तापीय सहनशीलता के साथ व्यापक pH और तापमान रेंज में उत्प्रेरक गतिविधि प्रदर्शित करता है।
- ◆ ठंडे तापमान पर एंजाइमी प्रतिक्रियाएं उप-उत्पाद के गठन को कम कर देती हैं। माल्टोज और सुक्रोज से अधिकतम 74% ट्रेहलोज 90% ट्रेहलुलोज का उत्प्रेरक उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है।
- ◆ ग्लाइकोसिल डोनर के रूप में सुक्रोज और ग्लाइकोसिल स्वीकर्ता के रूप में हाइड्रोक्विनोन का उपयोग करके α -arbutin उत्पादन के लिए एक उपन्यास एमाइलोसुक्रेज (एस्मेट) को जैव रासायनिक रूप से चित्रित किया गया है।
- ◆ हाइड्रोक्विनोन से लगभग 70% की अधिकतम उपज प्राप्त की गई है। संपूर्ण पुनः संयोजक ई. कोलाई का उपयोग अर्बुटिन उत्पादन के लिए भी किया जाता था।
- ◆ आलू के छिलके के बायोमास से स्टार्च को अलग किया गया और PulM उपचार द्वारा अलग किया गया। विखंडित स्टार्च के प्रतिगामीकरण के परिणामस्वरूप प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III का उत्पादन हुआ।
- ◆ पील स्टार्च से लगभग 45% प्रतिरोधी स्टार्च III की उपज प्राप्त की गई थी। छिलके के स्टार्च में शेष सुपाच्य अनुपात का उपयोग माल्टोलिगोसेकेराइड्स की तैयारी के लिए किया गया था।

amylose. The starch was treated with PulM for debranching, causing significant increase in the amylose content by about 80% in 10 h of PulM treatment. The debranched starch was subjected to retrogradation for transformation into resistant starch. Finally, resistant starch was recovered by ethanol precipitation. The yield of about 45 g resistant starch was obtained from 100 g of peel starch. The native and resistant starch samples were characterized using size distribution, scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction, thermo gravimetric analysis (TGA), and Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy, and X-Ray Diffraction (XRD) (Figure 2). SEM revealed the structural features of potato starch. TGA delves into the thermal behaviour of starch in presence of water, while FTIR and XRD analyzed the behaviour of various chemical bonds and crystallinity of starch. During the preparing the resistant starch, the digestible proportion of starch was subjected to α -amylase treatment, which resulted production of maltooligosaccharides.

Salient Achievements

- ◆ A novel trehalose synthase (TreM) has been identified and characterized for the production of trehalose and trehalulose. TreM displays catalytic activity in a wide pH and temperature range, with high thermal tolerance.
- ◆ Enzymatic reactions at cold temperatures diminishes the by-product formation. The catalytic production of maximum 74% trehalose 90% trehalulose could be achieved from maltose and sucrose, respectively.
- ◆ A novel amylosucrase (Asmet) has been biochemically characterized for α -arbutin production using sucrose as glycosyl donor and hydroquinone as glycosyl acceptor.
- ◆ The maximum yield of about 70% has been achieved from hydroquinone. The whole recombinant E. coli were also used for arbutin production.
- ◆ Starch was isolated from potato peel biomass and subjected to debranching by PulM treatment. The retrogradation of debranched starch resulted in the production of resistant starch type III.
- ◆ The yield of about 45% resistant starch III was achieved from the peel starch. The remaining digestible proportion in the peel starch was used for making a preparation of maltooligosaccharides.

खाद्य इंजीनियरिंग और पोषण



डॉ. मीना कृष्णिया चौधरी
अनुसंधान और नवाचार प्रणाली विश्लेषक

रिसर्च फेल्लो
सौम्या सिंह, विभू मिश्रा,
दलवीर कौर, गुरप्रीत कौर

विशेषज्ञता

केमिकल इंजीनियरिंग, फूड बायोप्रोसेसिंग, बायोमास का मूल्यांकन, किण्वन, डाउनस्ट्रीम प्रोसेसिंग

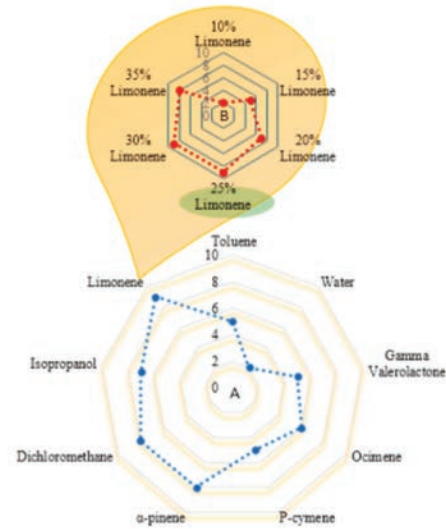
कॉर्न ग्लूटेन मील (सीजीएम) कॉर्न स्टार्च प्रसंस्करण उद्योग का उप-उत्पाद है, जिसमें > 60% (w/w) प्रोटीन सामग्री होती है। लेकिन, लाइस और ट्रैप जैसे अमीनो एसिड की कमी इसकी कम अमीनो एसिड प्रोफाइल के लिए जिम्मेदार है, जो खाद्य उद्योग में इसकी विशाल क्षमता को बाधित करती है। मट्टा (डेयरी उद्योग के उप-उत्पाद) के साथ सीजीएम को हाइड्रोलाइज करना इसे और अधिक मूल्यवान बनाता है। मट्टा दूध से पनीर / कैसिइन बनाने की प्रक्रिया का उप-उत्पाद है और यह ट्रैप, लाइस और अन्य आवश्यक अमीनो एसिड से समृद्ध है। एक प्रोटीन पूरक के रूप में सीजीएम की क्षमता, इसकी जल घुलनशीलता और जैवउपलब्धता में सुधार के साथ-साथ एंजाइमी हाइड्रोलिसिस द्वारा उजागर की जा सकती है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट में सीजीएम की तुलना में उच्च एंटी-ऑक्सीडेटिव क्षमता, पायसीकारी और फोमिंग क्षमता, कट्टरपंथी मैला ढोने की गतिविधि जैसे बेहतर कार्यात्मक गुण हैं।

डेयरी मट्टा के साथ मकई लस भोजन से एंटी-ऑक्सीडेटिव प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट:

गंध को दूर करना: जबकि, 25% लिमोनेन ने कैरोटीनॉयड क्षरण के कारण बनने वाली गंध को हटाने/मास्किंग करने की अधिकतम दुर्गन्ध क्षमता का प्रदर्शन किया। इसके अलावा, सुगंध में कोई महत्वपूर्ण परिवर्तन नहीं देखा गया (चित्र 1)। निकाले गए लिमोनेन के जीसी-एमएस में कई वाष्पशील यौगिक पाए गए, जिनमें से कई गंध के लिए जिम्मेदार हो सकते हैं। सूखे सीजीएम को दुर्गन्ध से मुक्त किया गया था और इसमें थोड़ी सी साइट्रस सुगंध भी थी।

मकई प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट का पोषण विश्लेषण: सीजीएम प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट का पोषण विश्लेषण खाद्य प्रोटीन की उच्च सामग्री को दर्शाता है। सीजीएम में प्रोटीन की मात्रा 63.83% थी, जिसमें उच्च चीनी सामग्री 18.40%, लिपिड सामग्री 8.98% और राख की मात्रा 2.78% (शुष्क आधार पर) थी। तुलनात्मक रूप से, कॉर्न ग्लूटेन

मील हाइड्रोलाइजेट (CPH) में राख की मात्रा (5.8%) अधिक होती है। यह अभी भी वाणिज्यिक मट्टा प्रोटीन से अधिक है, जो खनिजों की उच्च उपस्थिति का संकेत



चित्र 1: सुगंध के लिए संवेदी विश्लेषण: ए) सीजीएम से गंध को हटाने के लिए सॉल्वेंट्स का चयन, बी) ऑफ-गंध हटाने के लिए लिमोनिन एकाग्रता का अनुकूलन। (1-बहुत नापसंद, 2-बहुत ज्यादा नापसंद, 3- मध्यम रूप से नापसंद, 4- थोड़ा नापसंद, 5-न पसंद न नापसंद, 6- थोड़ा पसंद, 7- मध्यम पसंद, 8- बहुत ज्यादा पसंद, 9- बेहद पसंद)।

FOOD ENGINEERING & NUTRITION



Dr. Meena Krishania
Research & Innovation-System Analyst

Research Fellows
Saumya Singh
Vibhu Mishra
Dalveer Kaur

Expertise: Chemical Engineering, Food Bioprocessing, Valorization of Biomass, Fermentation, Downstream processing.

Corn gluten meal (CGM) is a by-product of corn starch processing industry, having >60% (w/w) protein content. But, the dearth of amino acids such as Lys and Trp is responsible for its low amino acid profile, which greatly hampers its enormous potential in the food industry. Hydrolysing the CGM with whey (by-product of dairy industry) makes it more valuable. Whey is a by-product of cheese /casein making process from milk and is enriched with Trp, Lys and other essential amino acids. The potential of CGM as a protein supplement, can be unleashed by enzymatic hydrolysis along with the improvement of its water solubility and bioavailability. CGM hydrolysate has better functional properties like high anti-oxidative capacity, emulsifying and foaming capacity, radical scavenging activity compared to CGM.

Anti-oxidative protein hydrolysate from corn gluten meal with dairy whey

Removal of off odour: Whereas, 25% limonene exhibited the maximum deodorizing capacity removing/masking the smell formed due to carotenoid degradation. Beyond that, no significant change in the aroma was observed (Fig. 1). GC-MS of extracted limonene was found to contain a number of volatile compounds, many of which could be responsible for the off-odour. The dried CGM was deodorised and also exhibit a slight citrus aroma.

Nutritional analysis of corn protein hydrolysate: Nutritional analysis of CGM protein hydrolysate shows its high content of edible protein. CGM had a protein content of 63.83%, along with a high sugar content of 18.40%, lipid content of 8.98%, and an ash content of 2.78% (on a dry basis). Comparatively, Corn gluten meal hydrolysate (CPH) contains higher ash content (5.8%). This is still more than commercial whey protein, indicating a high presence of minerals. Sugar content and fat

content in CGM hydrolysate have decreased 2 times (9%) and 5.5 times (1.6%) related to CGM contents, as shown in Table 1. CGM hydrolysate still contains higher sugar and protein con-

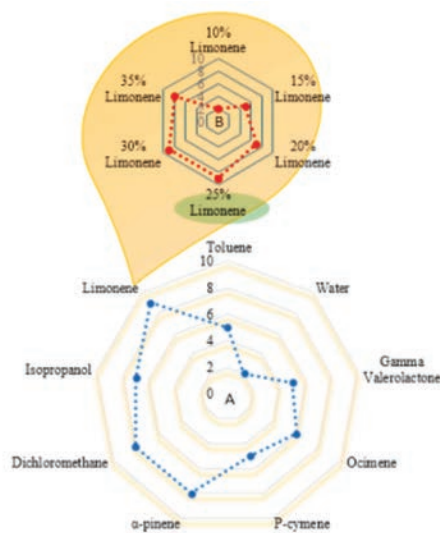


Figure 1. Sensory analysis for aroma: A) Selection of solvents for removal of offodour from CGM, B) Optimization of limonene concentration for off-odor removal. (1-Dislike extremely, 2-Dislike very much, 3- Dislike moderately, 4- Dislike slightly, 5-Neither like nor dislike, 6- Like slightly, 7- Like moderately, 8-Like very much, 9- Like extremely).

तालिका 1: मकई प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट और मट्टा प्रोटीन (नियंत्रण) का पोषण विश्लेषण।

Composition*	CPH (% w/w) **	WP(Control) (% w/w) **
Ash	05.80 ± 0.17 ^a	03.70 ± 0.18 ^b
Fat	01.59 ± 0.06 ^a	00.90 ± 0.02 ^b
Total soluble sugar	09.00 ± 0.04 ^a	07.50 ± 0.38 ^b
Total protein	57.10 ± 2.08 ^a	53.20 ± 1.48 ^b

*Mean ± SD (N = 3).

**Different superscripts in the same rows indicate the significant difference (p ≤ 0.05).

देता है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट में चीनी सामग्री और वसा सामग्री सीजीएम सामग्री से संबंधित 2 गुना (9%) और 5.5 गुना (1.6%) घट गई है, जैसा कि तालिका 1 में दिखाया गया है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट में अभी भी वाणिज्यिक मट्टा प्रोटीन (डब्ल्यूपी) की तुलना में उच्च चीनी और प्रोटीन सामग्री है।, इस प्रकार यह चीनी, वसा और फिनोल युक्त प्रोटीन केंद्रित आहार बनाता है। सीजीएम वसा और चीनी सामग्री में कमी को हाइड्रोलाइसिस और शुद्धिकरण प्रक्रिया के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट में प्रोटीन हाइड्रोफोबिक, शाखित-श्रृंखला और आवश्यक अमीनो एसिड से भरपूर होता है, जो इसे आम जनता के लिए एक समृद्ध प्रोटीन स्रोत बनाता है। दूसरी ओर, ढे प्रोटीन लाइसिन से भरपूर होता है। अधिक विस्तृत सत्यापन के बाद सीजीएम पेप्टाइड्स का उपयोग खाद्य पदार्थों में एडिटिव्स/सक्रिय फार्मास्युटिकल अवयवों के रूप में किया जा सकता है। यह दो उप-उत्पादों के एक सस्ते लेकिन गुणवत्ता वाले प्रोटीन स्रोत में पूर्ण मूल्य निर्धारण का मार्ग प्रशस्त करेगा।

सीजीएम हाइड्रोलाइजेट उत्पादन की लागत अर्थशास्त्र: सीजीएम का मूल्यवर्धन इसकी गंध को हटाकर और इसके प्रोटीन मूल्य को बढ़ाकर किया गया था। लिमोनेन इसकी गंध को छिपाने के लिए पाया गया था। एक माध्यम के रूप में कवक एस्पेरगिलस ओरिजे और मट्टा से एक क्षारीय प्रोटीज का उपयोग करके 65% का एक कुशल सीजीएम हाइड्रोलाइसिस प्राप्त किया गया था। मट्टा का उपयोग माध्यम के रूप में अमीनो एसिड के नकारात्मक नाइट्रोजन संतुलन को संतुलित करता है, जबकि क्षारीय प्रोटीज द्वारा हाइड्रोलाइजिंग से पेप्टाइड्स की उत्पत्ति होती है जिसमें एंटीऑक्सिडेंट गतिविधियां होती हैं। P3, P1/P2 की तुलना में गतिज रूप से अधिक सक्रिय था। इस प्रकार, यह अध्ययन मकई उद्योग के उप-उत्पाद-सीजीएम और डेयरी उप-उत्पाद (मट्टा) के कुशल उपयोग के लिए पेप्टाइड्स के एंटीऑक्सिडेंट संपत्ति समृद्ध मिश्रण को संश्लेषित करने का एक तरीका प्रदान करता है, जिसे सीधे खाद्य पदार्थों में शामिल किया जा सकता है। साथ ही, यह प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट बाजार में लोकप्रिय ढे सप्लीमेंट्स के समान/कम कीमत पर उपलब्ध है। यह सीजीएम के लिए एक खाद्य योज्य, सक्रिय फार्मास्युटिकल घटक, और देश के गरीब कुपोषित जनता के लिए सस्ते मूल्य पर उपलब्ध एक संपूर्ण प्रोटीन पूरक के रूप में एक विशाल बाजार खोल सकता है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट की उत्पादन लागत की गणना परिवर्तनीय लागत (कच्चे माल, श्रम मजदूरी, पैकेजिंग लागत) और निश्चित लागत (उपयोगिता लागत और आकस्मिक व्यय) के अनुमान के आधार पर की गई थी। निश्चित और परिवर्तनीय लागत के योग के 10% का शुद्ध लाभ अनुपात परिकलित लागत मूल्य में जोड़ा गया था। उत्पाद के बाजार स्थान का न्याय करने के लिए, विकसित सीजीएम हाइड्रोलाइजेट की लागत की तुलना बाजार में अन्य प्रोटीन पूरक (पोषण 7 स्टोर, मोहाली, पंजाब (पीबी), भारत) से की गई है (तालिका 2)।

मैंगो सीड कर्नेल से व्युत्पन्न संभावित कोकोआ मक्खन विकल्प

भारत 1.2 मिलियन हेक्टेयर से अधिक के खेती क्षेत्र और 10.99 मिलियन टन के वार्षिक उत्पादन के साथ सबसे बड़ा उत्पादक है, जो कुल विश्व उत्पादन (एफएओ, 2017) का 57.2 प्रतिशत है। पंजाब में आम 6.85 हजार हेक्टेयर में उगाया जाता है और वार्षिक उत्पादन 115.3 हजार टन होता है। आम के प्रसंस्करण के बाद, रस, अचार, च्युरी आदि के लिए सबसे आम समस्या उत्पन्न उपोत्पाद का निपटान है। आम के बीज की गिरी का छिपा हुआ संसाधन 7-15% मक्खन है। इसे कोल्ड-प्रेसिंग, ऑर्गेनिक सॉल्वेंट्स और सुपरक्रिटिकल एक्सट्रैक्शन द्वारा निकाला जा सकता है। इसमें मूल्यवान आवश्यक फैटी एसिड, विटामिन और खनिज होते हैं। कमरे के तापमान पर, यह ठोस हो गया, चिकना मलाईदार रंग है और अपने शुद्ध रूप में नट और मीठा स्वाद देता है। सीमित स्रोतों, जलवायु परिस्थितियों पर उच्च पौधों की वृद्धि निर्भरता, क्षेत्र-विशिष्ट खेती और तड़के की कठिनाइयों के कारण

तालिका 2: विकसित सीजीएम हाइड्रोलाइजेट का लागत आर्थिक विश्लेषण

S. NO.	EXPENSES/KG	THE PRODUCTION COST (S)
1.	Labour cost	0.78
2.	Raw material cost	
	a) CGM	0.13
	b) Solvent	2
	c) Sodium hydroxide	0.36
	Protease enzyme	0.006
	Total Raw material cost	3.276
3.	Packaging cost	0.015
4.	Utility Cost	
	a) Power /electricity	0.72 (PSEB, 2020)
	b) Water	0.02
5.	a) Transportation	0.02
	Postage, telephone, Stationary, Publicity	0.04
6.	Total cost of production (1+2+3+4+5)	4.091
7.	Average yield lost cost 10 %	0.41
8.	Net profit ratio 10 %	0.41
9.	Cost of developed product per kg	4.911

Table 1. Nutritional analysis of corn protein hydrolysate and whey protein (control).

Composition*	CPH (% w/w) **	WP(Control) (% w/w) **
<i>Ash</i>	05.80 ± 0.17 ^a	03.70 ± 0.18 ^b
<i>Fat</i>	01.59 ± 0.06 ^a	00.90 ± 0.02 ^b
<i>Total soluble sugar</i>	09.00 ± 0.04 ^a	07.50 ± 0.38 ^b
<i>Total protein</i>	57.10 ± 2.08 ^a	53.20 ± 1.48 ^b

*Mean ± SD (N = 3).

**Different superscripts in the same rows indicate the significant difference ($p \leq 0.05$).

tent than commercial whey protein (WP), thus making it a protein concentrated diet containing sugar, fat and phenols. The decrease in CGM fat and sugar content can be attributed to the hydrolysis and purification process. Protein in CGM hydrolysate is rich in hydrophobic, branched-chain, and essential amino acids, making it a rich protein source for the masses. On the other hand, the whey protein is rich in lysine. The CGM peptides may be used in foods as additives/active pharmaceutical ingredients after more detailed validation. This would pave the way for the complete valorization of two by-products into a cheap but quality protein source.

Cost economics of CGM hydrolysate production: The value addition of CGM was done by removing its off-odour and increasing its protein value. Limonene was found to mask its off-odour. An efficient CGM hydrolysis of 65% was achieved using an alkaline protease from fungus *Aspergillus oryzae* and whey as a medium. Using whey as the medium balances the negative nitrogen balance of the amino acids, while hydrolyzing by alkaline protease leads to the generation of peptides having antioxidative activities. P3 was kinetically more active than P1/P2. Thus, this study provides a way for efficient utilization of corn industry by-product-CGM and dairy by-product (whey) for synthesizing antioxidant property rich mixture of peptides, which could be directly incorporated into foods. Also, this protein hydrolysate is available at price similar/less than popular whey supplements in the market. This may open up a vast market for CGM as a food additive, active pharmaceutical ingredient, and a complete protein supplement available in cheap price to the poor malnourished masses of the country. The production cost of CGM hydrolysate was calculated based up on the estimation of variable costs (raw materials, labour wages, packaging cost) and fixed costs (utilities cost and contingencies expenses). A net profit ratio of 10% of the sum of fixed and variable cost was added to the calculated cost price. To judge the market place of the product, cost of the developed CGM hydrolysate has also been compared to other protein supplement (Nutrition 7 Store, Mohali, Punjab (PB), India) in the market (Table 2).

Potential Cocoa Butter Substitute Derived from Mango Seed Kernel: India is the largest producer with cultivation area of over 1.2 million hectares and an annual production of 10.99 million tonnes, which is 57.2 per cent of the total world production (FAO, 2017). In Punjab, mango is grown on 6.85 thousand hectares and annual production is 115.3 thousand

tonnes. After processing mango, for juice, pickle, puree etc. the most common problem encountered is the disposal of the by-product generated. The hidden resource of mango seed kernel is 7-15 % butter. It can be extracted by cold-pressing, organic solvents, and supercritical extraction. It has valuable essential fatty acids, vitamins and minerals. At room temperature, it became solid, has smooth creamy color and gives nutty and sweet flavor in its pure form. The price of cocoa butter increases annually due to limited sources, high plant growth dependence on climatic conditions, region-specific cultivation, and tempering difficulties. Therefore, an economical source that has similar properties like cocoa butter is needed

Table 2. Cost economic analysis of developed CGM hydrolysate.

S. NO.	EXPENSES/KG	THE PRODUCTION COST (\$)
1.	Labour cost	0.78
2.	Raw material cost	
	a) CGM	0.13
	b) Solvent	2
	c) Sodium hydroxide	0.36
	Protease enzyme	0.006
	Total Raw material cost	3.276
3.	Packaging cost	0.015
4.	Utility Cost	
	a) Power /electricity	0.72 (PSEB, 2020)
	b) Water	0.02
5.	a) Transportation	0.02
	Postage, telephone, Stationary, Publicity	0.04
6.	Total cost of production (1+2+3+4+5)	4.091
7.	Average yield lost cost 10 %	0.41
8.	Net profit ratio 10 %	0.41
9.	Cost of developed product per kg	4.911

तालिका 3A: बनावट विश्लेषण (कठोरता)

<i>Formulation (MB:CB)</i>	<i>Hardness (Kg.sec)</i>
100:0	11.43 ±0.92
80:20	13.25 ±0.71
60:40	14.20 ±0.82
40:60	20.85 ±0.45
20:80	18.63 ±0.56
Control CB	13.64 ±0.73

Values are mean of three replicates ± standard deviation

कोकोआ मक्खन की कीमत सालाना बढ़ जाती है। इसलिए, एक किफायती स्रोत जिसमें कोकोआ मक्खन जैसे समान गुण होते हैं, भविष्य में एक विकल्प के रूप में आवश्यक है। कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में इसकी उपयुक्तता का आकलन करने के लिए भौतिक-रासायनिक गुणों का अध्ययन किया गया। हाल ही में कुछ अध्ययनों ने कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में कॉस्मेटिक, फार्मास्यूटिकल, भोजन जैसे एंटी-ऑक्सीडेंट गतिविधि और स्वस्थ फैटी एसिड के कारण व्यापक अनुप्रयोगों के लिए कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में आम कर्नेल मक्खन की क्षमता पर प्रकाश डाला है।

आम मक्खन के समावेश के साथ विकसित चॉकलेट विकल्प का बनावट विश्लेषण: डार्क चॉकलेट विकल्प की कठोरता का अनुमान लगाने और डार्क चॉकलेट विकल्प को संपीड़ित करने के लिए आवश्यक बल द्वारा कठोरता का विश्लेषण करने के लिए पैठ परीक्षण किया गया था। चॉकलेट के विकल्प में कोको और मैंगो बटर के अलग-अलग अनुपात के कारण कठोरता में भिन्नता देखी गई (तालिका 3)। एमबी:सीबी का 40:60 अनुपात चॉकलेट विकल्प में अधिकतम कठोरता को दर्शाता है। यह भी देखा गया कि चॉकलेट के विकल्प में कठोरता बढ़ जाती है, जब कोकोआ मक्खन का अनुपात मैंगो बटर के साथ 20 से 60% तक बढ़ जाता है। जबकि, 100% मैंगो बटर आधारित चॉकलेट विकल्प ने कोकोआ बटर आधारित चॉकलेट की तुलना में न्यूनतम कठोरता का खुलासा किया जो कि कोकोआ बटर की तुलना में मैंगो बटर के उच्च गलनांक के कारण हो सकता है। इसी तरह, चॉकलेट में विकल्प के रूप में शिया बटर ने भी संबंधित हार्नेस पैटर्न को देखा।

रंग विश्लेषण: रंग माप से पता चला कि नियंत्रण के डार्क चॉकलेट और मैंगो बटर के

विभिन्न अनुपात वाले वेरिएंट के बीच रंग में काफी अंतर था। 0 से 50 की रेंज (L*) 51-100 रेंज, (a*) लालिमा और (b*) पीलापन की तुलना में गहरे रंग की उपस्थिति को इंगित करती है। 80:20 (एमबी: सीबी) का अनुपात सबसे कम एल * मान 20.33 दिखाता है जो नियंत्रण चॉकलेट 21.39 (तालिका 3) से गहरा था। वसा में रंग अंतर डार्क चॉकलेट विकल्प के रंग को भी प्रभावित करता है। पूर्व कला में हल्कापन मान (एल *) 26.80 से 27.75 तक, लाली (ए *) 6.18 से 6.48 तक और पीलापन (बी *) सीबी के साथ 4.16 से 4.18 तक था। तालिका 3. कोकोआ मक्खन के साथ विभिन्न अनुपातों में मैंगो बटर के समावेश के साथ चॉकलेट के विकल्प का विश्लेषण: ए) बनावट विश्लेषण, बी) रंग माप, सी) संवेदी स्कोर।

चॉकलेट की स्पष्ट चिपचिपाहट आम मक्खन के विभिन्न स्तरों के साथ प्रतिस्थापित होती है: सभी चॉकलेट के नमूनों में सबसे कम अपरूपण दर (14.28 s-1) पर उच्च चिपचिपाहट दिखाई दी, इसके बाद उनकी चिपचिपाहट में तेजी से कमी (186 s-1) की कतरनी दर में हुई। जब विभिन्न स्तरों पर चॉकलेट में मिलाए गए मैंगो बटर के प्रभावों का अध्ययन किया गया, तो यह देखा गया कि 20% मैंगो बटर के साथ शामिल चॉकलेट ने नियंत्रण की तुलना में चिपचिपाहट में 6.53 Pa.s की वृद्धि का खुलासा किया जो कि 5.87 Pa.s था। समान कतरनी दर। साथ ही, 100% मैंगो बटर वाले चॉकलेट विकल्प ने समान अपरूपण दर पर 20% मैंगो बटर के समान रुझान दिया। जबकि, 80% मैंगो बटर के साथ चॉकलेट विकल्प में सबसे अच्छा चिपचिपापन (5.87 Pa.s) था जो कि (186 s-1) (चित्र 2) की समान कतरनी दर पर नियंत्रण के समान था। इन परिणामों से पता चला कि विभिन्न मात्रा में आम मक्खन के साथ चॉकलेट विकल्प की चिपचिपाहट में वृद्धि के परिणामस्वरूप अंतिम उत्पाद की उच्च गुणवत्ता नियंत्रण की तुलना में हुई। स्पष्ट चिपचिपाहट और कतरनी दर के

तालिका 3B: रंग माप (एल, ए और बी मान)

SAMPLE	L*	A*	B*
CONTROL- CB	21.39±0.79	5.96±0.61	4.52±0.73
20% MB	25.52±0.52	5.76±0.84	5.26±0.94
40% MB	22.3±0.62	5.56±0.42	4.95±0.68
60% MB	24.83±0.46	5.66±0.39	5.69±0.57
80% MB	20.33±0.38	5.82±0.47	4.37±0.26
100 % MB	23.59±0.74	6.48±0.56	4.79±0.42

Values are mean of three replicates ± standard deviation (P< 0.05)

Table 3A. Texture Analysis (Hardness).

<i>Formulation (MB:CB)</i>	<i>Hardness (Kg.sec)</i>
100:0	11.43 ±0.92
80:20	13.25 ±0.71
60:40	14.20 ±0.82
40:60	20.85 ±0.45
20:80	18.63 ±0.56
Control CB	13.64 ±0.73

Values are mean of three replicates ± standard deviation

as an alternative in the future. The physicochemical properties were studied to assess its suitability as an alternative to cocoa butter. Recently a few studies have highlighted the potential of mango kernel butter as an alternative to cocoa butter for wide applications like cosmetic, pharmaceutical, food due to its anti-oxidant activity and healthy fatty acids.

Texture analysis of developed chocolate substitute with the incorporation of mango butter: The penetration test was performed to estimate the hardness of the dark chocolate substitute and analyze the hardness by the force required to compress dark chocolate substitutes. Variation in hardness was observed in chocolate substitute due to different ratio of cocoa and mango butter in the composition (Table 3). The 40:60 ratio of MB: CB shows the maximum hardness in the chocolate substitute. It was also observed that the hardness increases in chocolate substitute, when the ratio of cocoa butter increased from 20 to 60 % with mango butter. Whereas, the 100 % mango butter based chocolate substitute revealed the minimum hardness in comparison to cocoa butter based chocolate which may account due to the high melting point of mango butter in comparison of cocoa butter. Similarly, shea butter as substitute in chocolate also observed related harness pattern.

Color analysis: The color measurement showed that there was a considerable difference in color between the dark

chocolates of control and the variants with different ratios of mango butter. From 0 to 50 range (L*) indicates the darker appearance than 51-100 range, (a*) redness and (b*) yellowness. The ratio of 80:20 (MB: CB) shows the lowest L* value 20.33 which was darker than control chocolate 21.39 (Table 3). The color differences in fat also influence the color of dark chocolate substitute. In the prior art the lightness values (L*) ranged from 26.80 to 27.75, Redness (a*) ranged from 6.18 to 6.48 and Yellowness (b*) ranged from 4.16 to 4.18 with CB.

Apparent viscosity of chocolates substitute with different levels of mango butter: All the chocolates sample showed high viscosity at lowest shear rate (14.28 s⁻¹) followed by a rapid decrease in their viscosity to the shear rate of (186 s⁻¹). When studying the effects of mango butter added to the chocolate at different level, it was noticed that chocolate incorporated with 20% mango butter revealed an increase in the viscosity being 6.53 Pa.s as compared to that of control which was 5.87 Pa.s at the same shear rate. Also, chocolate substitute containing 100 % mango butter gave the same trend as 20 % mango butter at the same shear rate. Whereas, the chocolate substitute with 80 % mango butter had the best viscosity (5.87 Pa.s) that was same as the control at the same shear rate of (186 s⁻¹) (Fig. 2). These results showed that increase in viscosity of chocolate substitute with different amounts of mango butter resulted in a high quality of the final product as compared to control. The correlation between

Table 3B. Colour measurements (L, a and b values).

SAMPLE	L*	A*	B*
CONTROL- CB	21.39±0.79	5.96±0.61	4.52±0.73
20% MB	25.52±0.52	5.76±0.84	5.26±0.94
40% MB	22.3±0.62	5.56±0.42	4.95±0.68
60% MB	24.83±0.46	5.66±0.39	5.69±0.57
80% MB	20.33±0.38	5.82±0.47	4.37±0.26
100 % MB	23.59±0.74	6.48±0.56	4.79±0.42

Values are mean of three replicates ± standard deviation (P< 0.05)

तालिका 3C: संवेदी स्कोर

SR NO.	SENSORY ATTRIBUTES	20% MB	40 % MB	60% MB	80% MB	100% MB	CONTROL CB
1	Colour	7.2	7.0	7.5	7.5	7.0	8.2
2	Appearance	7.5	7.5	7.8	8.0	7.0	8.1
3	Texture	7.1	7.0	8.0	7.1	7.5	8.3
4	Flavour	7.3	7.0	7.0	7	7.0	8.5
5	Taste	6.5	7.0	7.2	7.5	6.5	8.1
	Overall acceptability	7.1	7.1	7.5	7.5	7.0	8.0

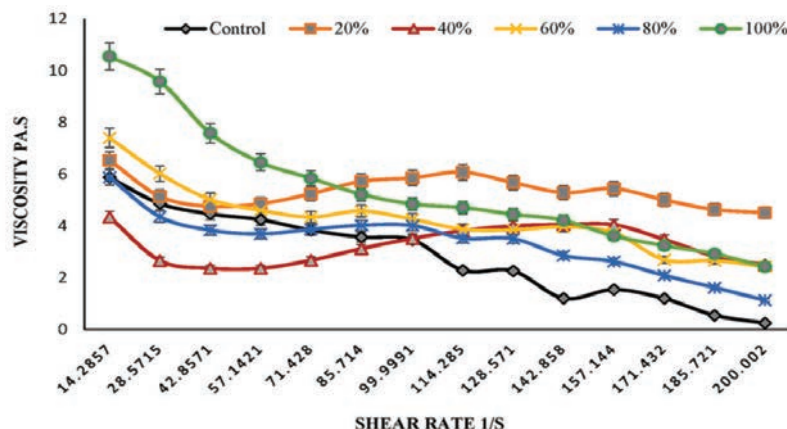
बीच संबंध ने एक वक्र दिया जो गैर-न्यूटोनियन द्रव व्यवहार की पुष्टि करता है।

संवेदी विश्लेषण: रंग, रूप, बनावट, स्वाद, स्वाद और चॉकलेट के विकल्प की समग्र स्वीकार्यता की संवेदी स्कोर विशेषताओं ने नियंत्रण चॉकलेट और चॉकलेट विकल्प के बीच 80% एमबी (मैंगो बटर) के बीच गैर-महत्वपूर्ण अंतर का संकेत दिया। नियंत्रण चॉकलेट ने रंग, रूप, स्वाद, स्वाद, बनावट और समग्र स्वीकार्यता के लिए क्रमशः 8.2, 8.1, 8.3, 8.5, 8.1 और 8 के उच्चतम स्कोर दिखाए (तालिका 3)। मैंगो बटर 60% (7.5, 7.8, 8.0, 7, 7.2 और 7.5) के साथ चॉकलेट विकल्प और 80% (7.5, 8.0, 7.1, 7, 7.5 और 7.5) के साथ मैंगो बटर की तुलना में संवेदी विशेषताओं के लिए सबसे अच्छा स्वीकार्य था। नियंत्रण। प्राप्त परिणामों से पता चलता है कि मैंगो बटर को 80% तक चॉकलेट विकल्प फॉर्मेशन में कोकोआ मक्खन को बदलने के लिए एक उत्पादन विकल्प के रूप में माना जा सकता है।

कृषि अवशेषों (चावल के भूस) से जाइलिटोल उत्पादन के लिए कुशल प्रक्रिया विकास: चावल का भूसा (आरएस) दुनिया भर में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध लिप्रोसेल्यूलोसिक कृषि बायोमास (> 580 मीट्रिक टन / वर्ष) है। स्टीम प्रीट्रीटमेंट में सल्फ्यूरिक एसिड (H₂SO₄) जैसे एसिड उत्प्रेरक के साथ संसेचन हेमिकेलुलोज के मोनोसैकराइड के क्षरण को बढ़ावा देता है। तो, यह प्रीट्रीटमेंट दक्षता को भी बढ़ाता है। तनु अम्ल विलयन के साथ बायोमास का पूर्व-उपचार, ग्लूकोज की तुलना में जाइलोज को आसानी से मुक्त करता है। 14 एल किण्वक में जाइलिटोल उत्पादन के लिए प्रीट्रीटमेंट आरएस हाइड्रोलाइजेट (प्री-हाइड्रोलाइजेट) और अर्ध-परिभाषित माध्यम (नियंत्रण) के किण्वन का भी अध्ययन किया गया था। परंपरागत रूप से, जाइलिटोल राने निकेल का उपयोग उत्प्रेरक के रूप में डी-जायलोज से रासायनिक

मार्ग से उत्पन्न होता है जो एक महंगी प्रक्रिया है और प्रदूषण का कारण भी बनता है। इसके विपरीत, सूक्ष्मजीवों द्वारा हेमिकेलुलोलिसिक हाइड्रोलाइजेट का उपयोग करके जाइलोज का जाइलिटोल में जैव-रूपांतरण अधिक किफायती, कुशल और पर्यावरण के अनुकूल है।

एम. गिलियरमोंडी सीआईएबी1 का मीडिया अनुकूलन: मानक मीडिया के साथ मीडिया की तीन अलग-अलग रचनाएं तैयार की गईं, जिनका नाम C: (माल्ट एक्सट्रेक्ट 1% (w/v), यीस्ट एक्सट्रेक्ट 1%), M1: (पेप्टोन 1%, यीस्ट एक्सट्रेक्ट 1%), M2: (यीस्ट) है। एक्सट्रेक्ट 1%, माल्ट एक्सट्रेक्ट 1%), M3: (पेप्टोन 0.5%, यीस्ट एक्सट्रेक्ट 1%), 1% इनोकुलम, 5% xylose pH-6 के साथ 300C पर। सभी मीडिया में M3 ने 123.67 mg/g के रूप में सबसे अच्छा जाइलिटोल उपज दिखाया, माल्ट के अर्क ने जाइलिटोल उत्पादकता (66.72 mg/g) पर कोई महत्वपूर्ण प्रभाव नहीं दिखाया जैसा कि चित्र 3B में दिखाया गया है। अधिकतम जाइलिटोल उत्पादन pH 5.5 पर देखा गया था। 94.69 मिलीग्राम/जी (चित्र 3सी)। इसके अलावा, xylose एकाग्रता के लिए सहिष्णुता को भी अनुकूलित किया गया था, और अधिकतम जाइलिटोल उपज 5% जाइलोज एकाग्रता, 225.94 मिलीग्राम जाइलिटोल /g जाइलोज के साथ प्राप्त की गई थी, और कम से कम 9% जाइलोज, (1.94 मिलीग्राम जाइलिटोल /g जाइलोज) के साथ देखा गया था, यह उच्च सबस्ट्रेट एकाग्रता (छवि 3 ए) पर सूक्ष्म जीव द्वारा दिखाए गए सबस्ट्रेट अवरोध के कारण हो सकता है। जाइलिटोल उत्पादन पर इनोकुलम आकार के प्रभाव का अध्ययन 0.05, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3% v/v इनोकुलम के साथ 100 मिलीलीटर 5% (w/v) नियंत्रण जाइलोज मीडिया में किया गया था। 1% से अधिक इनोकुलम आकार में जाइलिटोल उत्पादन में मामूली कमी देखी गई, जैसा कि चित्र.3D में दिखाया गया है।



चित्र 2: मैंगो बटर% (20, 40, 60, 80 और 100%) के विभिन्न सम्मिश्रण अनुपात और कोकोआ मक्खन के रूप में नियंत्रण पर चॉकलेट के विकल्प की स्पष्ट विपचिपाहट पर मैंगो बटर प्रतिस्थापन का प्रभाव।

Table 3C. Sensory scores

SR NO.	SENSORY ATTRIBUTES	20% MB	40 % MB	60% MB	80% MB	100% MB	CONTROL CB
1	Colour	7.2	7.0	7.5	7.5	7.0	8.2
2	Appearance	7.5	7.5	7.8	8.0	7.0	8.1
3	Texture	7.1	7.0	8.0	7.1	7.5	8.3
4	Flavour	7.3	7.0	7.0	7	7.0	8.5
5	Taste	6.5	7.0	7.2	7.5	6.5	8.1
	Overall acceptability	7.1	7.1	7.5	7.5	7.0	8.0

apparent viscosity and shear rate gave a curve which confirms the Non-Newtonian fluid behavior.

Sensory analysis: The sensory score attributes of color, appearance, texture, flavor, taste and overall acceptability of chocolate substitutes indicated non-significant differences between the control chocolate and the chocolate substitute with 80 % MB (mango butter). The control chocolates showed highest scores of 8.2, 8.1, 8.3, 8.5, 8.1 and 8 for color, appearance, taste, flavor, texture and overall acceptability respectively (Table 3). The chocolate substitute with mango butter 60 % (7.5, 7.8, 8.0, 7, 7.2 and 7.5) and mango butter with 80% (7.5, 8.0, 7.1, 7, 7.5 and 7.5) were the best accepted for sensory attributes as compared to control. The results obtained suggested the mango butter could be considered as an encouraging alternative to replacing cocoa butter in chocolate substitute formulations of up to 80%.

Efficient process development for xylitol production from agricultural residues (rice straw): Rice straw (RS) is an abundantly available lignocellulosic agricultural biomass around the world (>580 MT/yr). Impregnation with acid catalysts like sulfuric acid (H₂SO₄) in steam pretreatment promotes the degradation of hemicelluloses to monosaccharides. So, it also enhances the pretreatment efficiency. Pre-treatment of biomass with dilute acid solution, liberates xylose easily as com-

pared to glucose. Fermentation of the pretreated RS hydrolysate (pre-hydrolysate) and semi-defined medium (control) for xylitol production in a 14 L fermentor was also studied. Traditionally, xylitol is generated by the chemical route from D-xylose using Raney nickel as a catalyst which is a costly process and also causes pollution. On the contrary, the bioconversion of xylose to xylitol using hemicellulosic hydrolysates by microorganisms is more economical, efficient and environmentally friendly.

Media optimization of *M. guilliermondii* CIAB1: Three different composition of media were prepared along with standard media, as named C: (Malt extract 1% (w/v), yeast extract 1%), M1:(peptone 1%, yeast extract 1%), M2:(yeast extract 1%, Malt extract 1%), M3: (peptone 0.5%, yeast extract 1%), 1% inoculum, 5% xylose with pH-6 at 30oC. Amongst all media the M3 showed the best xylitol yield as 123.67 mg/g, the malt extract did not show any significant effect on xylitol productivity (66.72 mg/g) as shown in Fig 3B. Maximum xylitol production was observed at pH 5.5, 94.69 mg/g (Fig. 3C). Moreover, the tolerance for xylose concentration was also optimized, and the maximum xylitol yield was obtained with 5% xylose concentration, 225.94 mg xylitol/g xylose, and least was observed with 9% xylose, (1.94 mg xylitol/g xylose), this might be due to substrate inhibition shown by microbe at high substrate concentration (Fig 3A).

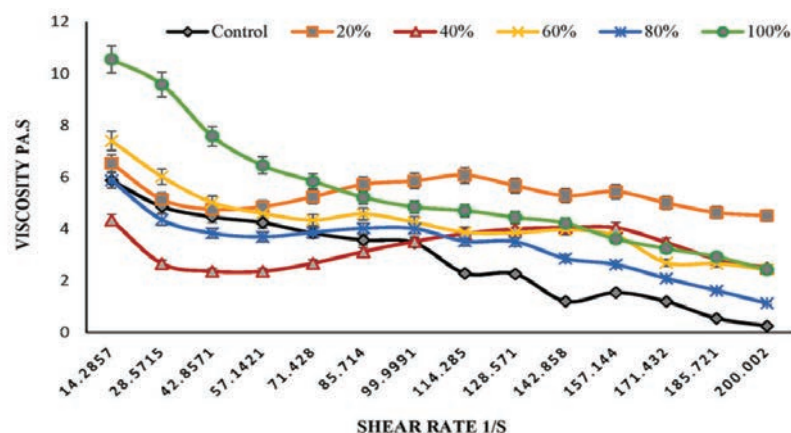
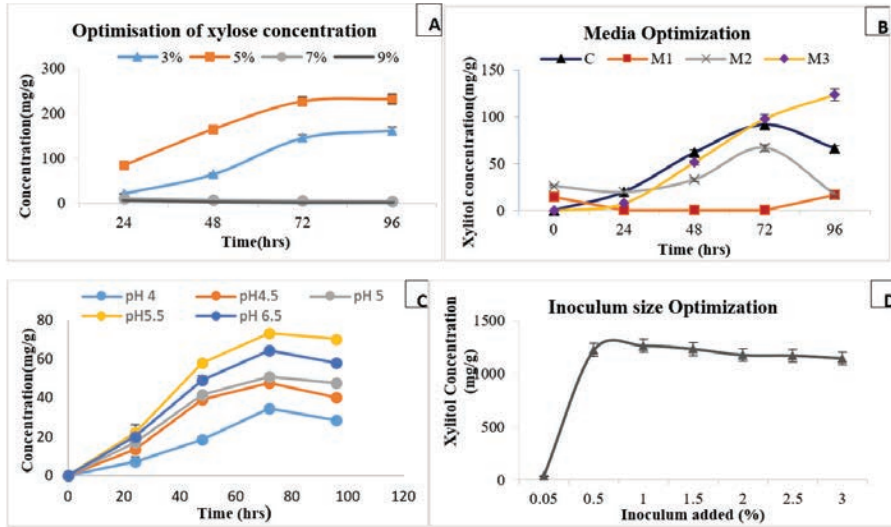


Figure 2. Influence of mango butter replacements on apparent viscosity of chocolate substitutes at different blending ratio of mango butter % (20, 40, 60, 80 and 100 %) and control as cocoa butter.



चित्र 3: विभिन्न मापदंडों के साथ पृथक संस्कृति का प्रक्रिया अनुकूलन, ए। विकास मीडिया की संरचना का प्रभाव, बी। जाइलिटोल उत्पादन पर पीएच का प्रभाव, सी। जाइलिटोल उत्पादन पर जाइलोज एकाग्रता का प्रभाव और डी। जाइलिटोल उत्पादन पर इनोकुलम आकार का प्रभाव।

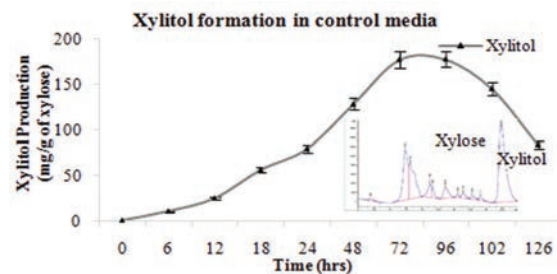
जाइलोज का अधिकतम उत्पादन 1% inoculum के साथ प्राप्त किया गया था और जाइलिटॉल उपज 1260.74 mg जाइलिटॉल /g जाइलोज प्राप्त हुई थी।

नियंत्रण मीडिया का विस्तार करें: आइसोलेटेड स्ट्रेन का उपयोग 5L शेक फ्लास्क में न्यूट्रालाइज्ड राइस स्ट्रॉ हाइड्रोलाइजेट में किण्वन के मूल्यांकन के लिए किया गया था और अनुकूलित मापदंडों पर सिंथेटिक जाइलोज के साथ कंट्रोल मीडिया पर 3L लैब स्केल किण्वक में किया गया था। बैच किण्वन 96 घंटे के लिए 30 डिग्री सेल्सियस और 150 आरपीएम पर चला। 27.84 g/l 63% किण्वन दक्षता और 0.28 g/l/h उत्पादकता की उच्चतम जाइलिटोल उपज शर्तों का उपयोग कर नियंत्रण मीडिया के लिए हासिल की गई थी: ~ 45.0 g/l प्रारंभिक सिंथेटिक जाइलोज, 1.0 g/l खमीर कोशिकाओं पर 30 C, और 150 आरपीएम। इसके अलावा, जाइलोज के संगत उपयोग के साथ अनुपचारित कच्चे हाइड्रोलाइजेट (प्रारंभिक जाइलोज सांद्रता, 12.77 ग्राम/ली) पर मेएरोज़ाइमा गिलियरमोडी CIAB1 का जाइलिटोल किण्वन प्रोफाइल अंजीर में दिखाया गया है। 5. प्राप्त उच्चतम जाइलिटोल एकाग्रता 72 घंटे में 5.11g /l थी। 0.58 इसके अलावा, गैर-विषाक्त लेकिन केंद्रित हाइड्रोलाइजेट पर किण्वन किया गया था और एम. गिलियरमोडी सीआईईबी 1 के साथ डी-टॉक्सिफाइड हाइड्रोलाइजेट मीडिया के साथ तुलना की गई थी, जिसमें क्रमशः 0.34 ग्राम / जी जाइलोज और 0.59 ग्राम / जी जाइलोज की जाइलिटोल उपज दिखाई गई थी। अंजीर। 6 उपचारित और केंद्रित हाइड्रोलाइजेट पर पृथक तनाव की सबस्ट्रेट खपत और उत्पाद निर्माण प्रवृत्ति को दर्शाता है जिससे 31.66 ग्राम / लीटर जाइलिटोल और महत्वपूर्ण जाइलोज खपत प्राप्त हुई।

क्रिस्टलीकरण: खमीर कोशिकाओं को हटाने के लिए किण्वित शोरबा को पहले 4000 आरपीएम पर 15 मिनट के लिए सेंट्रीफ्यूज करके जाइलिटोल शुद्ध और क्रिस्टलीकरण के लिए आगे संसाधित किया गया था, इसके बाद 2% (w/w) सक्रिय चारकोल के साथ 600C पर 1 घंटे के लिए उपचार और 200 आरपीएम पर लगातार सरगर्मी। चारकोल को छानने और सिरप में शोरबा की वैक्यूम सांद्रता द्वारा हटाने के बाद, क्रिस्टल का गठन छठे दिन (चित्र 7) में देखा जा सकता है।

करक्यूमिन इन्फ्यूज्ड कॉर्न ग्लूटेन मील प्रोटीन नैनोफाइबर का विकास: मकई लस भोजन मकई की गीली पिसाई के दौरान प्राप्त मकई उद्योग का एक सह-उत्पाद है। इसमें लगभग 60% प्रोटीन होता है। मकई लस भोजन के अमीनो एसिड प्रोफाइल में लाइसिन और ट्रिप्टोफैन जैसे आवश्यक अमीनो एसिड की कमी होती है, जो प्रोटीन पूरक के रूप में इसकी क्षमता को बहुत कम कर देता है। सीजीएम की प्रोटीन संरचना

जीन और अल्कोहल में घुलनशील ग्लूटेन अंश के समान है, जो गैर-ध्रुवीय अमीनो एसिड- ल्यूसीन, प्रोलाइन, ऐलेनिन, फेनिलएलनिन से भरपूर है और इसमें लाइसिन और ट्रिप्टोफैन की कमी है। हाइड्रोफोबिक प्रोटीन की प्रचुरता इनकैप्सुलेटेड यौगिकों को उत्पाद स्थितियों में उनके भंडारण स्थिरता में सुधार के साथ-साथ जठरांत्र संबंधी मार्ग में उनके क्षरण को प्रभावी ढंग से कम करने के लिए एक बाधा के रूप में प्रदान करती है। करक्यूमिन जैसे पॉलीफेनोल्स को सीजीएम में मौजूद प्रोलाइन के साथ बातचीत करने के लिए भी जाना जाता है। इसलिए, हाइड्रोफोबिक दवाओं के एनकैप्सुलेशन के लिए सीजीएम प्रोटीन नैनोफाइबर का अच्छा स्रोत हो सकता है। अनुसंधान प्रगति: यह अध्ययन सीजीएम प्रोटीन नैनोफाइबर में विटामिन ई और करक्यूमिन के एनकैप्सुलेशन का प्रतिनिधित्व करता है। प्रोटीन अंश के विघटन के बाद, सीजीएम प्रोटीन अंश का उपयोग सीधे करक्यूमिन संचारित विटामिन समृद्ध नैनोफाइबर को संश्लेषित करने के लिए किया गया था। विटामिन और पॉलीफेनोल्स का एनकैप्सुलेशन- करक्यूमिन अलग-अलग पीएच, प्रकाश और तापमान की स्थिति में इसके क्षरण को रोकने के लिए जाना जाता है। सीजीएम प्रोटीन समाधान को 1% पॉलीमर के साथ मिलाकर एक नैनोफाइबर संरचना बनाने के लिए विटामिन ई (5 मिलीग्राम / एमएल) और नैनो फॉर्म करक्यूमिन (7 मिलीग्राम / एमएल) के



चित्र 4: नियंत्रण मीडिया में जाइलिटोल गठन को दर्शाता है

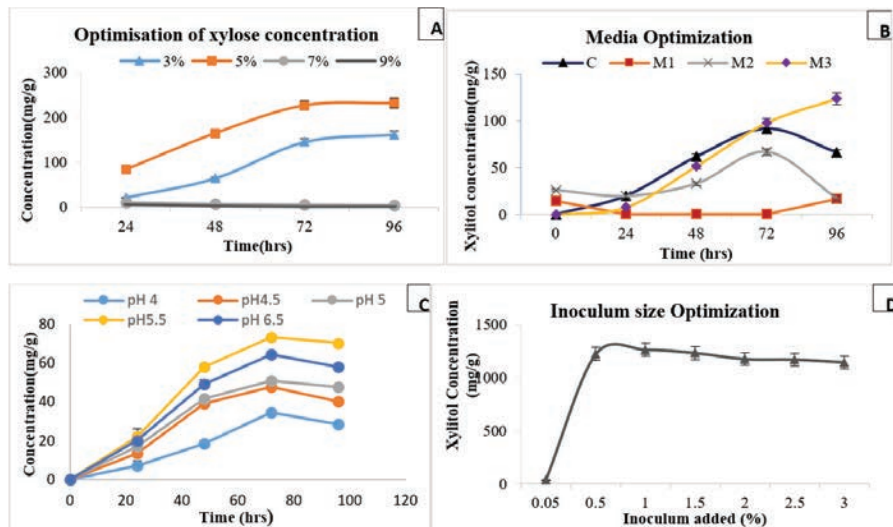


Figure 3. Process optimization of isolated culture with various parameters, A. Effect of composition of growth media, B. Effect of pH on xylitol production, C. Effect of xylose concentration on xylitol production and D. Effect of inoculum size on xylitol production.

An effect of inoculum size on xylitol production was studied with 0.05, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3% v/v inoculum in 100 ml of 5% (w/v) control xylose media. The inoculum sizes' greater than 1% showed slight decrease in xylitol production, as shown in Fig.3D. The max production of xylose was obtained with 1% inoculum and achieved xylitol yield was 1260.74 mg xylitol/g of xylose.

Scale up control media: The isolated strain was used for evaluating fermentation in a 5L shake flask containing neutralized rice straw hydrolysate and in a 3L lab scale fermentor on control media with synthetic xylose on optimized parameters. Batch fermentation lasted for 96 h at 30°C and 150 rpm. Highest xylitol yield of 27.84 g/l (63 % fermentation efficiency and 0.28 g/l/h productivity) was achieved for control media using the conditions: ~45.0 g/l initial synthetic xylose, 1.0 g/l yeast cells at 30 °C, and 150 rpm. Also, the xylitol fermentation profile of *Meyerozyma guilliermondii* CIAB1 on untreated raw hydrolysate (initial xylose concentration, 12.77 g/l) with corresponding utilization of xylose is shown in the Fig. 5. The highest xylitol concentration obtained was 5.11g/l at 72 h with xylitol yield of 0.58 g/g xylose. After all the parameters were optimized in control media containing pure xylose (5% w/v) as substrate, 61% conversion rate was obtained at 72 hrs as shown in Fig.4.

Also, fermentation on undetoxified but concentrated hydrolysate was carried out and compared with de-toxified hydrolysate media with *M. guilliermondii* CIAB1 which showed xylitol yield of 0.34 g/g xylose and 0.59 g/g xylose respectively. Fig. 6 shows substrate consumption and product formation trend of the isolated strain on treated and concentrated hydrolysate which yielded 31.66 g/l xylitol and significant xylose consumption.

Crystallization: The fermented broth was further processed for xylitol purification and crystallization by firstly centrifuging it at 4000rpm for 15 min to remove the yeast cells, followed by treatment with 2% (w/w) activated charcoal at 60°C for 1 hr and constant stirring at 200 rpm. Post removal of charcoal by filtration and vacuum concentration of the broth to syrup, crystal formation could be seen at 6th day (Fig 7).

Development of curcumin infused corn gluten meal protein nanofibers: Corn gluten meal is a co-product of corn industry obtained during wet milling of corn. It contains around 60 % proteins. The amino acid profile of corn gluten meal lacks essential amino acids such as lysine and tryptophan, which greatly reduces its potential as a protein supplement. The protein composition of CGM is similar to zein and alcohol soluble Glutelin fraction, rich in non-polar amino acids- leucine, proline, alanine, phenylalanine and lacking in lysine and tryptophan. The abundance of hydrophobic proteins provides as a barrier to encapsulated compounds improving their storage stability in product conditions as well as effectively reducing their degradation in the gastrointestinal tract. Polyphenols such as curcumin are also known to interact with prolamins present in CGM. Hence, CGM could be good source of protein nanofibers for encapsulation of hydrophobic drugs.

This study represents encapsulation of Vitamins E and curcumin in CGM protein nanofibers. After the dissolution of protein fraction, CGM protein fraction was directly used to synthesized curcumin infused vitamin rich nanofi-

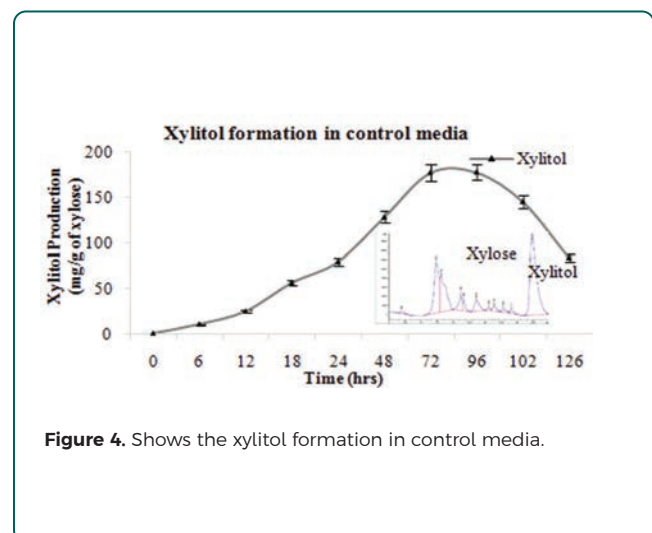
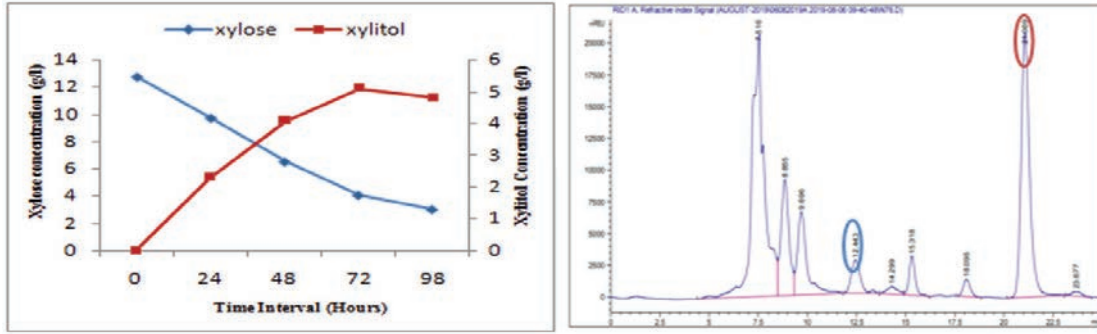


Figure 4. Shows the xylitol formation in control media.

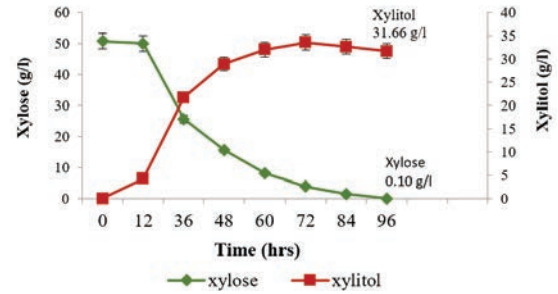


चित्र 5: *M. guilliermondii* CIAB द्वारा अलग-अलग समय अंतराल पर एक जाइलिटोल उत्पादन। बी एचपीएलसी क्रोमैटोग्राम जाइलिटोल उत्पादन और जाइलोज़ खपत दिखा रहा है।

साथ आरडीए (अनुशंसित दैनिक खुराक) के बराबर मात्रा में और इलेक्ट्रोसपिनिंग में उपयोग किया जाता है। प्रवाह दर, टिप कलेक्टर दूरी (टीसीडी) जैसे विभिन्न इलेक्ट्रोस्पिनिंग पैरामीटर, मोतियों के गठन के बिना चिकनी वर्दी नैनोफाइबर के गठन के लिए क्षमता को अनुकूलित किया गया था। विटामिन सी के साथ प्रत्यक्ष सीजीएम समाधान केवल नैनोबीड्स बना सकता है, लेकिन विटामिन ई (सीएनवीई) या विटामिन ई, डी और करक्यूमिन (सीएनवीईडीसीआर) के साथ सीजीएम समाधान ने 1% बहुलक के अतिरिक्त चिकनी नैनोफाइबर का गठन किया।

आकार और जीटा संभावित मापों ने लगभग 300-400 डी एनएम के कण आकार और नकारात्मक रूप से चार्ज किए गए नैनोफाइबर को दिखाया। सीजीएम, विटामिन सी, 1% पॉलीमर युक्त नमूना सीएन ने लगभग 0.3 के पीडीआई के साथ 355 डी एनएम का औसत आकार दिखाया। सीजीएम + विटामिन सी + ई + बहुलक 1% युक्त नमूना सीएनवीई ने 0.4 के एपीडीआई के साथ लगभग 400 डी एनएम का आकार दिखाया। सैंपल सीएनवीईडीसीआर में सीजीएम + विटामिन सी + ई + डी + करक्यूमिन + पॉलीमर 1% शामिल है। इसने पीडीआई के साथ 0.4 के आसपास औसत आकार 350 डी एनएम दिखाया। नमूना सीएन में 9.60 एमवी विचलन के साथ -10.4 एमवी की जेट क्षमता है। नमूना सीएनवीई में 9.90 एमवी मानक विचलन के साथ -6.64 एमवी जेट क्षमता है। नमूना सीएनवीईडीसी 9.90 एसडी के साथ -7 एमवी की जेट क्षमता रखता है। नैनोफाइबर के सतही आवेश बहुत कम होते हैं, जो विटामिन और खनिजों के साथ बंधन निर्माण में ऋणात्मक रूप से आवेशित अमीनो एसिड की भागीदारी को दर्शाता है। इसके अलावा नमूनों का SEM विश्लेषण वास्तव में नैनोफाइबर के आकार और आकार का निरीक्षण करने के लिए किया गया था जैसा कि चित्र 9 में दिखाया गया है। विटामिन सी के साथ सीजीएम ने केवल 1-2 माइक्रोन के माइक्रोबीड्स का गठन किया। विटामिन सी

और ई युक्त नैनोफाइबर के मामले में औसत मोटाई के चिकने फाइबर - मोतियों के बिना 456 एनएम का गठन किया गया था। विटामिन सी, डी, ई और करक्यूमिन युक्त नैनोफाइबर 373 एनएम के औसत व्यास के थे और 250 - 500 एनएम की सीमा



चित्र 6: अनुकूलित परिस्थितियों में उपचारित और केंद्रित हाइड्रोजेलाइजेट पर CIAB01 की 6 जाइलिटोल किण्वन प्रोफाइल

में थे। नैनोफाइबर के निर्माण में विटामिनो ने विपचिपाहट और बाध्यकारी ताकतों में योगदान दिया होगा। SEM छवियों के साथ DLS डेटा की तुलना करते समय, जैसा कि आप DLS से आकार देख सकते हैं आकार मापदंडों का एक अनुमान है, और



चित्र 7: सिंथेटिक जाइलोज़ युक्त मीडिया के साथ ऑपरेशन में ए, 3 एल लैबस्केल किण्वक दिखा रहा है। बी, क्रिस्टलीकृत जाइलिटोल। सी, क्रिस्टलीकृत जाइलिटोल और नियंत्रण के एचपीएलसी क्रोमैटोग्राम।

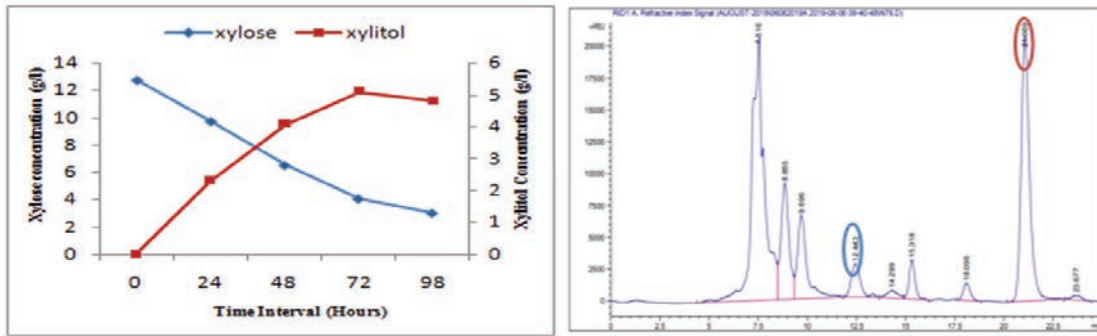


Figure 5. A) Xylitol production at different time intervals by *M. guilliermondii* CIAB. B) HPLC chromatogram showing xylitol production and xylose consumption.

bers. Encapsulation of vitamins and polyphenols- curcumin are known to prevent its degradation in varying pH, light and temperature conditions. CGM protein solution was combined with 1 % polymer to create a nanofiber composition along with vitamin E (5 mg/ml) and nano form of curcumin (7 mg/ml) in amounts equal to the RDA (recommended daily dose) and used in electrospinning. Various electrospinning parameters like flow rate, Tip collector distance (TCD), potential were optimized for the formation of smooth uniform nanofibers without beads formation. Direct CGM solution with Vitamin C could only form nanobeads, but CGM solution infused with vitamin E(CnVE) or Vitamin E, D and curcumin (CnVED Cr) formed smooth nanofibers with the addition of 1 % polymer.

Size and zeta potential measurements showed particle size of around 300- 400 d nm and negatively charged nanofibers. Sample Cn containing CGM, vitamin C ,1 % polymer showed an average size of 355 d nm with a PDI around 0.3. Sample CnVE containing CGM + Vitamin C +E + polymer 1 % showed a size of around 400 d nm with a PDI of 0.4. Sample CnVED Cr contains CGM +Vitamin C + E + D + Curcumin + polymer 1 %. It showed an average of size 350 d nm with PDI around 0.4. Sample Cn has a zeta potential of -10.4 mV with 9.60mV deviation. Sample CnVE has -6.64 mV zeta potential with 9.90mV standard deviation. Sample CnVED Cr carried a zeta potential of -7 mV with 9.90 S.D. Surface charges of nanofibers are very less, indicating involvement of negatively charged amino acids in bond formation with vitamins and minerals. Further SEM analysis of samples were performed to actually observe the nanofibers size and shape as shown in

Fig. 9. CGM with Vitamin C formed only microbeads of 1-2 μ m. Smooth fibers of average thickness - 456 nm without beads were formed in case of nanofibers containing Vitamin

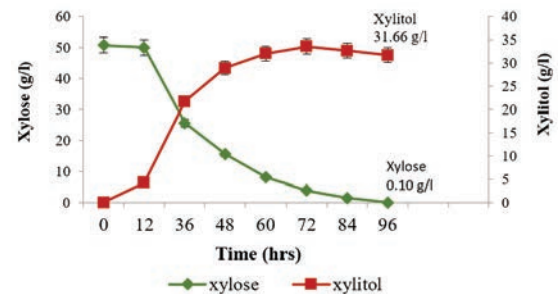
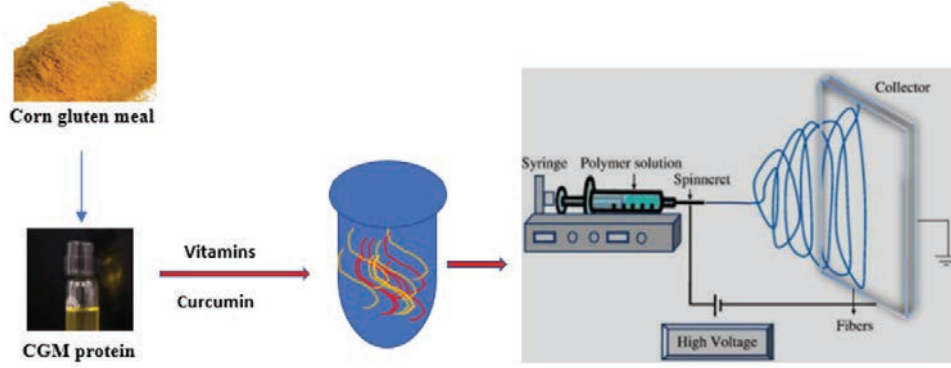


Figure 6. Xylitol fermentation profile of CIAB01 on treated and concentrated hydrolysate at optimized conditions.

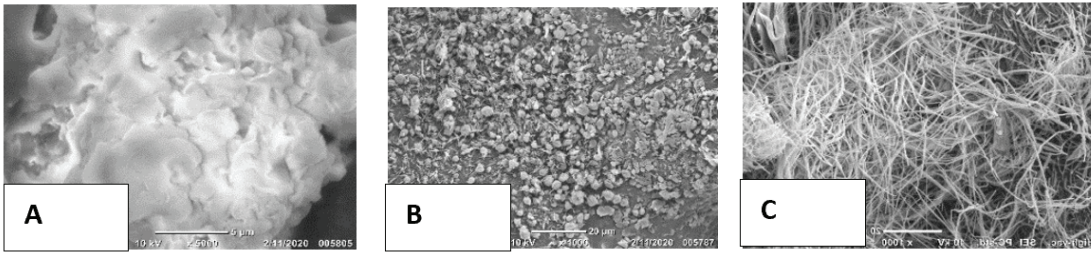
C and E. Nanofibers containing Vitamin C, D, E and curcumin were of average diameter of 373 nm and were in range of 250 - 500 nm. Vitamins must have contributed to the viscosity and binding forces in the formation of nanofibers. While



Figure 7. Showing, A, 3L lab-scale fermentor in operation with media containing synthetic xylose. B, crystallized xylitol. C, HPLC chromatogram of crystallized xylitol and control.



चित्र 8: नैनोफाइबर गठन प्रक्रिया



चित्र 9: मुकई प्रोटीन भोजन नैनोकणों को इलेक्ट्रोस्पिन करने के बाद नैनोफाइबर की 9 एसईएम छवि, ए) नियंत्रण, बी) सीएन, सी) विटामिन और करक्यूमिन के साथ सीजीएम नैनोफाइबर

SEM में वास्तविक आकार से बहुत भिन्न हो सकता है, यह इस बात पर निर्भर करता है कि DLS में किस कोण और चेहरे की रोशनी अपवर्तित हो रही है।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ व्हे (डेयरी उद्योग के उप-उत्पाद) के साथ हाइड्रोलाइजिंग सीजीएम इसे अधिक मूल्यवान बनाता है क्योंकि इसमें ऐंटीऑक्सिडेटिव गतिविधियों वाले अमीनो एसिड प्रोफाइल और पेप्टाइड्स होते हैं जिन्हें बाजार में अन्य मट्टा पूरक की तुलना में सस्ते प्रोटीन पूरक के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।
- ◆ कोकोआ मक्खन की तुलना में समान स्वाद और उच्च गुणवत्ता वाले अंतिम उत्पाद के कारण मैगो बटर कोकोआ बटर के स्थान पर 80% तक चॉकलेट विकल्प फॉर्मूलेशन में बदल सकता है।
- ◆ वाणिज्यिक जाइलिटोल क्रिस्टल की तुलना में किण्वित नियंत्रण शोरबा से क्रिस्टलीकृत जाइलिटोल
- ◆ सीजीएम प्रोटीन अंश का अलगाव
- ◆ विटामिन ई और करक्यूमिन का 60% और 73% प्रतिधारण के साथ एनकैप्सुलेशन।

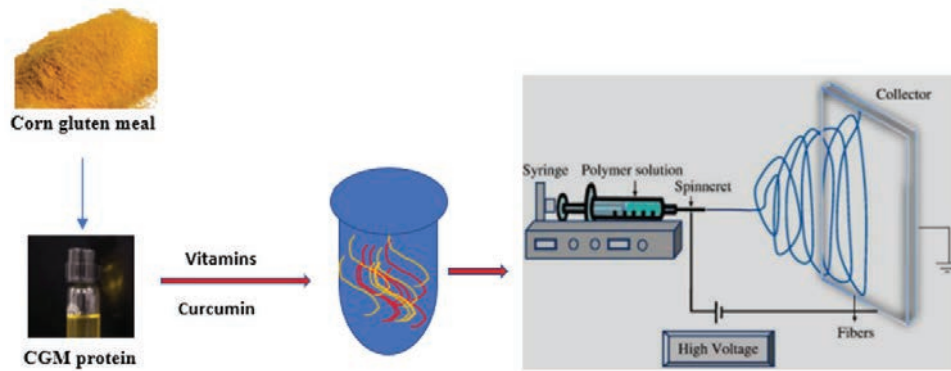


Figure 8. Nanofiber Formation Process.

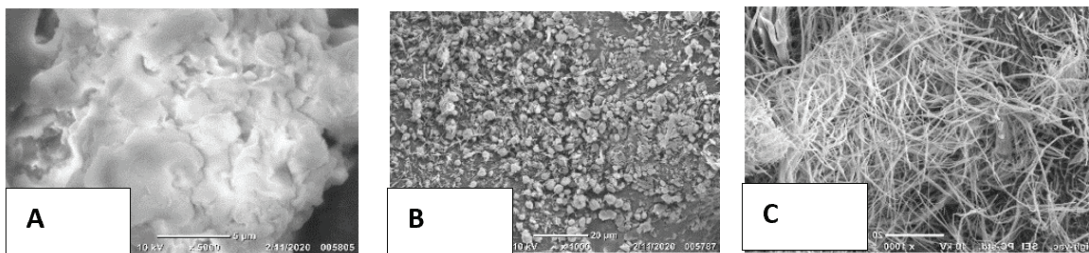


Figure 9. SEM image of nanofiber after electrospinning the corn protein meal nanoparticles, a) Control, b) Cn, c) CGM nanofibers with vitamins and curcumin.

comparing DLS data with SEM images, as you can see size from DLS is just an estimate of size parameters, and can vary much from actual size in SEM, depending upon what angle and face light is refracting upon in DLS.

Salient Achievements

- ◆ Hydrolysing CGM with whey (by-product of dairy industry) makes it more valuable with enhanced amino acid profile and peptides having antioxidative activities which could be used as cheap protein supplement with prices comparable to other whey supplements in the market.
- ◆ Mango butter could be an alternative to replacing cocoa butter in chocolate substitute formulations of up to 80% due to similar taste and high quality final product compared to cocoa butter.
- ◆ Crystallized xylitol from fermented control broth comparable to commercial xylitol crystals.
- ◆ Isolation of CGM protein fraction
- ◆ Encapsulation of Vitamin E and curcumin with 60 % and 73 % retention.

अनुसंधान प्रकाशन
पेटेंट सूची

RESEARCH **PUBLICATIONS**
PATENTS LIST

सीआईएबी से प्रकाशन

शोध पत्र

- अंजलि पुरोहित, यादव सुदेश कुमार* (2022)। एक उपन्यास माइक्रोबैक्टीरियम कैमेलियासिनसिस CIAB417 के जीनोम अनुक्रमण ने संभावित मैनन हाइड्रोलाइजिंग एंजाइम की पहचान की, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलैक्युल्स 208:219-229
- मेहता, डी. यादव, के. चतुर्वेदी, के.यू.सी. शिवहरे और यादव सुदेश कुमार* (2022)। तेल रहित चावल और मकई की भूसी से पॉलीफेनॉल के निष्कर्षण पर कोल्ड प्लाज्मा का प्रभाव: निष्कर्षण दक्षता, इन विट्रो पाचनशक्ति, एंटीऑक्सीडेंट सक्रियता, साइटोटॉक्सिसिटी और एंटी इंफ्लेमेटरी सक्रियता में सुधार। फूड एंड बायोप्रोसेस टेक्नोलॉजी डीओआई: ऑर्ग/10.1007/s11947-022-02801-8
- शर्मा एन, पूजा और यादव सुदेश कुमार* पेक्टिन के निष्कर्षण और पेक्टिन के अनुप्रयोगों के लिए पारंपरिक और उभरती हुई नव तकनीकें। अस्टिन जे बायोटेक्नॉल बायोइंज। 2022; 9(1): 1115
- सिडाना ए, कौर एस, यादव सुदेश कुमार* (2022)। विशाल ईख (अरुंडोडोनेक्स) बायोमास से दूसरी पीढ़ी के बायोएथेनॉल का उत्पादन करने के लिए मेयरोजाइमा गिलियरमंडी पी14 की क्षमता का आकलन। बायोमास कन्वर्शन और बायोरेफाइनरी। डीओआई: 10.1007/s13399-021-02211-4 (IF: 4.987)
- सिडाना ए, यादव सुदेश कुमार* (2022)। पर्यावरण के अनुकूल, गैर-पारंपरिक तरीकों पर ध्यान देने के साथ लिग्रोसेल्यूलोसिक बायोमास प्रीट्रीटमेंट में हालिया विकास। जर्नल ऑफ क्लीनर प्रोडक्शन 335:130286
- पूजा, पुरोहित ए., कौर एस., यादव सुदेश कुमार* (2021)। चावल के भुसे के इथेनॉल में कुशल परिवर्तन के लिए महुआ फूल से एक खमीर मेयरोजाइमा कैरिबिका एम 72 की पहचान। बायोमास कन्वर्शन और बायोरेफाइनरी। डीओआई: 10.1007/s13399-021-02067-8
- राय एसके, कौर एच, सिंह ए, कम्बोज एम, जैन जी, यादव सुदेश कुमार* (2021)। एल्मिनेट सपोर्ट पर स्थिर एल- अरेबीनोज आइसोमेरेज युक्त पैकड बेड रिएक्टर में डी-ट्रैगटोज का उत्पादन। बायोकेटलिसिस और एप्लीकलचरल बायोटेक्नोलॉजी 38:102227
- संगीता, एम, अरुमुगम एसएम, कुमार एस, सिंह डी, शर्मा एस, देवी बी, यादव सुदेश कुमार, एलुमलाई एस (2021)। Ta₂O₅ पर एसएन डोपिंग समृद्ध 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल उत्पादन के लिए ग्लूकोज आइसोमेराइजेशन की सुविधा प्रदान करता है और न्यूल नेटवर्क मॉडल का उपयोग करके इसकी वास्तविक प्रतिक्रिया भविष्यवाणी करता है। केमकेटकेम। डीओआई: 10.1002/cctc.202101046
- सिंह ए, राय एसके, मनीषा, यादव सुदेश कुमार* (2021)। एक दुर्लभ शककर डी-टैलोज के निरंतर संश्लेषण के लिए स्थिर एल-राइबोज आइसोमेरेज का उपयोग। मॉलिक्यूलर कटैलिसिस 511:111723
- भाटिया एस, यादव सुदेश कुमार* (2021)। लिग्रिन मोनोमर्स के ऑक्सीकरण और ऐक्योस मॉडिया में लिग्रिन डाइमर के डीपोलीमराइजेशन के लिए हाइपरथर्मोस्टेबल मोनो-कॉपर ऑक्सीडेशन (LPMO-AOAA17) की नव उत्प्रेरक क्षमता। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलैक्युल्स 186:563-573
- गोस्वामी एस., रावल के., अंजना और, भट पी. (2021) विले बुक चैप्टर: माइक्रोऑर्गेनिज्म-बेस्ड इंडस्ट्रियल मोलेक्युल्स के बायोप्रोसेसिंग में "रिसैट ट्रेड्स इन कन्वर्शनल एंड नॉन-कन्वर्शनल बायोप्रोसेसिंग"। के. सैनी, ए. कुमार, एच. ली, ए.ए. बाबु, और एस. सरवनमुरुगन, (2022) 'एडवांस इन द कॅटैलिटिक रिडक्टिव एमिनेशन ऑफ फुरफुरल टू फुरफुरल अमीन: द मोमेट्स रोल ऑफ एक्टिव मेटल साइट्स,' केमसुसकेम 15 e202200107।
- एच. अली, टी. वंदेविरे, जे. लौवार, एस. के. कंसल, एस. सरवनमुरुगन, और जे. डब्ल्यू. थायबॉट*, (2022) 'एनीसोल हाइड्रोडीऑक्सीजनेशन पर नी समाहित मिश्रित ऑक्साइड उत्प्रेरक में ऑक्सीजन रिक्तियों का प्रभाव,' केटल। कम्युन। 164 1064361
- वाई. काओ, डी. चेन, वाई. मेंग, एस. सरवनमुरुगन, और एच. ली, (2021) 'विजिबल-लाइट-ड्रिवेन प्रॉम्प्ट एंड क्वांटिटेटिव प्रोडक्शन ऑफ लैक्टिक एसिड फ्रॉम बायोमास शुगर्स ओवर ए 3डी एन-टीओओ2 फोटोकैटलिस्ट,' ग्रीन केम।, 23 10039-10049।
- एल. आर. बार्सा, एस. सरवनमुरुगन, ई. टार्निंग, जे.एस.एम. एस्मिन, और एस. मीयर, (2021) 'ग्लाइकोलाइडिहाइड का एल्डोटेट्रोस में विषम आधार-उत्प्रेरित रूपांतरण: मैकेनिस्टिक और काइनेटिक इनसाइट,' केमकेटकेम, 13 5141-5147।
- एन. अग्रवाल, पी. पाल, एन. शमा और एस. सरवनमुरुगन, (2021) 'कंस्यूसिव ऑर्गेनोसोल्व एंड अल्कलाइन प्रीट्रीटमेंट: एन एफिशिएंट अप्रोच टु द प्रोडक्शन ऑफ सेल्यूलोज फ्रॉम राइस स्ट्रॉ,' एसीएस ओमेगा, 6 27247।
- एस. सरवनमुरुगन, (2021) 'आन द राइज: हेटरोजेनियस कैटैलिसिस फॉर बायोमास वैलोरिजेशन' पर संपादकीय कंटेंट कैटैलिसिस, 10 101।
- पी. झू, एस. मायर, एस. सरवनमुरुगन, और ए. रिडसेजर, (2021) 'अल्कलाइन-ट्रीटमेंट द्वारा वाणिज्यिक वाई जिओलाइट्स का संशोधन ग्लूकोज के फ्रक्टोज के आइसोमेराइजेशन में बेहतर प्रदर्शन के लिए,' मोल। केटल। 510 111686।
- एच. अली, एस.के. कंसल और एस. सरवनमुरुगन, (2021) 'एल्युमिना-सपोर्टेड अल्कली एंड अल्कलाइन अर्थ मेटल-बेस्ड कैटैलिसिस फॉर सेल्यूलोसिक डीकार्बोक्सिलेशन ऑफ इटैकोनिक एसिड टू मैथैक्रिलिक एसिड,' केमिस्ट्रीसिलेक्ट 6 3352-3359।

- महाला, संगीता, सैथिल एम अरुमुगम, संदीप कुमार, दलविंदर सिंह, शैलजा शर्मा, भावना देवी, सुदेश के यादव और शशिकुमार एलुमलाई। (2021) "Ta₂O₅ पर Sn डोपिंग समृद्ध 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल उत्पादन और एक तंत्रिका नेटवर्क मॉडल का उपयोग कर अपनी सच्ची प्रतिक्रिया भविष्यवाणी के लिए ग्लूकोज समावयवन की सुविधा देता है। ChemCatChem 13, नंबर 22: 4787-4798।
- अरुमुगम, सैथिल एम., दलविंदर सिंह, संगीता महाला, भावना देवी, संदीप कुमार, सुनेना जाखू और शशिकुमार एलुमलाई।(2022) "MgO / CaO नैनोकम्पोजिट डी-फ्रक्टोज और डी-एलुलोज के कफियाती उत्पादन को सुविधा देता है ग्लूकोज का उपयोग करके और एक डीएनए मॉडल का उपयोग करके इसकी प्रतिक्रिया भविष्यवाणी। औद्योगिक और इंजीनियरिंग रसायन विज्ञान अनुसंधान 61, नंबर 6: 2524-2537।
- शर्मा, शैलजा, संदीप कुमार, सैथिल मुरुगन अरुमुगम, मुथुकुमारन पलनिसामी, विजयकुमार षण्मुगम और शशिकुमार एलुमलाई। (2022) Nb₂O₅/g-C₃N₄ का विषम जंक्शन प्रत्यक्ष सूर्य के प्रकाश विकिरण के तहत 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल के प्रकाश उत्प्रेरक ऑक्सीकरण के माध्यम से 2,5-डिफॉर्मिलफ्यूरन उत्पादन की सुविधा प्रदान करता है। ChemPhoto-Chem 6, नंबर 2: e202100199.
- ली, हू, एस. सरवनमुरुगन, अशोक पांडे, और शशिकुमार एलुमलाई, (2022) एड. बायोमास, जैव ईंधन, जैव रासायनिक: टिकाऊ बायोमास संसाधनों से जैव रासायनिक और सामग्री उत्पादन। एलसेविबर, ।
- शर्मा, शैलजा, सैथिल मुरुगन अरुमुगम, संदीप कुमार, संगीता महाला, भावना देवी और शशिकुमार एलुमलाई।(2022) "बायोएथेनॉल के लिए चीनी किण्वन के लिए अद्यतन प्रौद्योगिकियां। बायोमास, जैव ईंधन, जैव रासायनिक: 95-116।
- शर्मा, शैलजा, संदीप कुमार और शशिकुमार एलुमलाई।(2022) "सरल सुगंधित अणुओं के लिए बायोमास लिग्रिन का फोटोकैटलिसिस। बायोमास, जैव ईंधन, जैव रासायनिक: 535-561।
- अरुमुगम, सैथिल मुरुगन और शशिकुमार एलुमलाई।(2022) "जैव-आधारित अल्कोहल / कार्बोनिल्स का ऑक्सीकरण। बायोमास, जैव ईंधन, जैव रासायनिक: 563-592।
- पाल, एस.; ठाकुर, एन.एस.; चांदना, एस.; सागर, वी; भौमिक, जे*, (2022) लिग्रिन-आधारित सीडीएस डॉट्स सेंसिंग और पहचान योग्य फोटोडायनामिक कोटिंग्स के लिए बहुआयामी प्लेटफॉर्म के रूप में, एसीएस एप्लाइड नैनो सामग्री, , 5, 2, 2748-2761।
- कौर, आर.; ठाकुर, एन.एस.; चांदना, एस.; भौमिक, जे*, (2021) टाइटेनियम डाइऑक्साइड नैनोकंपोजिट्स के साथ डोपेड स्टर्नेबल लिग्रिन-आधारित कोटिंग्स व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण, एसीएस सस के लिए सिनर्जिस्टिक माइक्रोबायसाइडल और यूवी ब्लॉकिंग प्रदर्शन प्रदर्शित करते हैं। रसायन। इंजी, 9, 11223-11237।
- कौर, आर.; भारद्वाज, एस.के.; चांदना, एस. किम, के.एच. भौमिक, जे.* (2021) लिग्रिन-आधारित मेटल ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स फॉर यूवी प्रोटेक्शन एप्लिकेशन: एरिब्यू, जर्नल ऑफ क्लीनर प्रोडक्शन, 317, 128300।
- किरार, एस.; चौधरी, डी.; ठाकुर, एन.एस.; जैन, ए.एस.; भौमिक, जे.; लाहा, जे.के.; बनर्जी, यू.सी. (2021) लाइट-असिस्टेड एंटीकैंसर फोटोडायनामिक थेरेपी पोरफाइरिन-डॉपेड नैनोएनकेप्सुलेट्स का उपयोग करते हुए, जर्नल ऑफ फोटोकैमिस्ट्री एंड फोटोबायोलॉजी बी: बायोलॉजी, , 220, 112209।
- ठाकुर, एन.एस.; मंडल, एन.; परेल, जी.; किरार, एस.; रेड्डी वाई.एन., कुशवाहा, वी.; जैन, एस.; कालिया, वाई.एन.; भौमिक, जे.; बनर्जी, यू.सी. (2021) सह-प्रशासन जिंक फथालीसायनिन और क्वेरसेटिन के माध्यम से संबंधित फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए हाइड्रिड नैनोपार्टिकल्स, नैनोमेडिसिन: नैनोटेक्नोलॉजी, बायोलॉजी एंड मेडिसिन, 33, 102368।
- किरार, एस.; ठाकुर, एन.एस.; रेड्डी वाई.एन., बनर्जी, यू.सी., भौमिक, जे. (2021) इनसाइट्स ऑन पॉलीपीरोल आधारित नैनोफॉर्मिलेशन फॉर फोटोडायनामिक थेरेपी, जर्नल ऑफ पॉर्फिरिन्स एंड फथालीसायनिन्स. doi.org/10.1142/S108842461300032।
- कौर, आर.; चांदना, एस.; भारद्वाज, एस.के.; भौमिक, जे। * (2022) फोटोकैटलिसिस में उनके अनुप्रयोगों के लिए लिग्रिन-आधारित धातु ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स का विकास, पुस्तक अध्याय, पुस्तक का शीर्षक: बायोप्रोसेसिंग ऑफ वेस्ट फ्रॉम एगो-प्रोसेसिंग इंडस्ट्रीज' संपादकों: ए राणा, ए सनेजा, एस कुमार और ई। लिक्टफाउस, स्पिंगर नेचर द्वारा प्रकाशित, ।
- रेड्डी, वाई.एन.; गोगड़े, के.; पाल, एस. भौमिक, जे.* (2021) लिग्रिन टू प्लेटफॉर्म केमिकल्स एंड बायोमैटिरियल्स, बुक चैप्टर, बुक टाइटल: बायोमास फॉर बायोएनेर्जी एंड बायोमैटिरियल्स; संपादक: अदलखा, एन.; भटनागर, आर.; यजदानी; एस. एस.; प्रकाशक: सीआरसी प्रेस, , 34.
- एम सिंह, एन पांडे, बीबी मिश्रा। * (2020) अक्षय फीडस्टॉक के रूप में खर्च किए गए सुगंधित बायोमास-व्युत्पन्न (क्लोरोमैथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) से (हाइड्रॉक्सीमैथिल) फुरफुरल (एचएमएफ) के संश्लेषण के लिए एक अलग दृष्टिकोण। आरएससी एडवांस, 10, 45081-45089।
- एम सिंह, एन पांडे, पी नेगी, सी लारोच, बीबी मिश्रा। * (2022) खर्च किए गए सुगंधित कचरे का एथिल ग्लूकोसाइड में सॉल्वोथर्मल रूपांतरण। केमोस्फीयर, 292, 133428
- एन पांडे, ज्योति, एम सिंह, पी द्विवेदी, एससी साहू, बीबी मिश्रा। * (2021) फेरिक आयनों के प्रभावी फ्लोरोसेंट सेंसिंग के लिए एंड्रोफाफोलाइड ट्रायजोलिल कान्जुगेट्स के रसायन विज्ञान से प्रेरित संश्लेषण पर क्लिक करें। प्राकृतिक उत्पाद अनुसंधान, 1-11 https://doi.org/10.1080/14786419.2021.2013837
- वी अहलवालिया, एन पांडे, बीबी मिश्रा, जे कुमार। (2021) स्वर्टिया पैनिकुलता

Publications from CIAB

RESEARCH PAPERS

- ◆ Anjali Purohit, Yadav Sudesh Kumar* (2022). Genome sequencing of a novel Microbacterium camelliasinensis CIAB417 identified potential mannan hydrolysing enzymes. *International Journal of Biological Macromolecules* 208:219-229
- ◆ Mehta, D., Yadav, K., Chaturvedi, K. U C Shivhare and Yadav Sudesh Kumar * (2022). Impact of cold plasma on extraction of polyphenol from de-oiled rice and corn bran: improvement in extraction efficiency, in vitro digestibility, antioxidant activity, cytotoxicity and anti-inflammatory responses. *Food and Bioprocess Technology* <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02801-8>
- ◆ Sharma N, Pooja and Yadav Sudesh Kumar* Conventional and Emerging Novel Techniques for the Extraction of Pectin and Applications of Pectin. *Austin J Biotechnol Bioeng.* 2022; 9(1): 1115
- ◆ Sidana A, Kaur S, Yadav, Sudesh Kumar* (2022). Assessment of the ability of *Meyerozyma guilliermondii* P14 to produce second-generation bioethanol from giant reed (*Arundo donax*) biomass. *Biomass Conversion and Biorefinery.* DOI: 10.1007/s13399-021-02211-4 (IF: 4.987)
- ◆ Sidana A, Yadav Sudesh Kumar* (2022). Recent developments in lignocellulosic biomass pretreatment with a focus on eco-friendly, non-conventional methods. *Journal of Cleaner Production* 335:130286
- ◆ Pooja, Purohit A., Kaur S. Yadav Sudesh Kumar* (2021). Identification of a yeast *Meyerozyma caribbica* M72 from mahua flower for efficient transformation of rice straw into ethanol. *Biomass Conversion and Biorefinery* DOI: 10.1007/s13399-021-02067-8
- ◆ Rai SK, Kaur H, Singh A, Kamboj M, Jain G, Yadav Sudesh Kumar* (2021). Production of dtagatose in packed bed reactor containing an immobilized L-arabinose isomerase on alginate support. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 38:102227
- ◆ Sangeeta, M, Arumugam SM, Kumar S, Singh D, Sharma S, Devi B, Yadav Sudesh Kumar, Elumalai S (2021). Sn doping on Ta2O5 facilitates glucose isomerization for enriched 5-hydroxymethylfurfural production and its true response prediction using a neural network model. *ChemCatChem.* DOI: 10.1002/cctc.202101046
- ◆ Singh A, Rai SK, Manisha, Yadav Sudesh Kumar* (2021). Immobilized L-ribose isomerase for the sustained synthesis of a rare sugar D-talose. *Molecular Catalysis* 511:111723
- ◆ Bhatia S, Yadav Sudesh Kumar* (2021). Novel catalytic potential of a hyperthermostable mono-copper oxidase (LPMO-AOAA17) for the oxidation of lignin monomers and depolymerisation of lignin dimer in aqueous media. *International Journal of Biological Macromolecules* 186:563-573
- ◆ Goswami S., Raval K., Anjana and, Bhat P. (2021). Wiley Book Chapter: "Recent Trends in Conventional and Nonconventional Bioprocessing" in *Bioprospecting of Microorganism-Based Industrial Molecules.*
- ◆ K. Saini, S. Kumar, H. Li, S.A. Babu, and S. Saravanamurugan, (2022) 'Advances in the Catalytic Reductive Amination of Furfural to Furfural Amine: The Momentous Role of Active Metal Sites,' *ChemSusChem* 15 e202200107.
- ◆ H. Ali, T. Vandevyvere, J. Lauwaert, S. K. Kansal, S. Saravanamurugan, and J. W.Thybaut*, (2022) 'Impact of Oxygen Vacancies in Ni Supported Mixed Oxide Catalysts on Anisole Hydrodeoxygenation,' *Catal. Commun.* 164 106436.
- ◆ Y. Cao, D. Chen, Y. Meng, S. Saravanamurugan, and H. Li, (2021) 'Visible-light-driven prompt and quantitative production of lactic acid from biomass sugars over a 3D N-TiO2 photocatalyst,' *Green Chem.*, 23 10039-10049.
- ◆ L. R. Barsøe, S. Saravanamurugan, E. Taarning, J. S. M. Espin, and S. Meier, (2021) 'Heterogeneous base-catalyzed conversion of glycolaldehyde to aldotetroses: Mechanistic and Kinetic Insight,' *ChemCatChem*, 13 5141-5147.
- ◆ N. Agarwal, P. Pal, N. Shama and S. Saravanamurugan, (2021) 'Consecutive Organosolv and Alkaline Pretreatment: An Efficient Approach towards the Production of Cellulose from Rice Straw,' *ACS Omega*, 6 27247.
- ◆ S. Saravanamurugan, Editorial on (2021) 'On the rise: Heterogeneous Catalysis for Biomass Valorisation' *Current Catalysis*, 10 101.
- ◆ P. Zhu, S. Meier, S. Saravanamurugan, and A. Riisager, (2021) 'Modification of commercial Y zeolites by alkaline-treatment for improved performance in the isomerization of glucose to fructose,' *Mol. Catal.* 510 111686.
- ◆ H. Ali, S. K. Kansal and S. Saravanamurugan, (2021) 'Alumina-Supported Alkali and Alkaline Earth Metal-Based Catalyst for Selective Decarboxylation of Itaconic Acid to Methacrylic Acid,' *ChemistrySelect* 6 3352-3359.
- ◆ Mahala, Sangeeta, Senthil M. Arumugam, Sandeep Kumar, Dalwinder Singh, Shelja Sharma, Bhawana Devi, Sudesh K. Yadav, and Sasikumar Elumalai. (2021) "Sn Doping on Ta2O5 Facilitates Glucose Isomerization for Enriched 5-Hydroxymethylfurfural Production and its True Response Prediction using a Neural Network Model." *ChemCatChem* 13, no. 22: 4787-4798.
- ◆ Arumugam, Senthil M., Dalwinder Singh, Sangeeta Mahala, Bhawana Devi, Sandeep Kumar, Sunaina Jakhu, and Sasikumar Elumalai. (2022) "MgO/CaO Nanocomposite Facilitates Economical Production of d-Fructose and d-Allulose Using Glucose and Its Response Prediction Using a DNN Model." *Industrial & Engineering Chemistry Research* 61, no. 6: 2524-2537.
- ◆ Sharma, Shelja, Sandeep Kumar, Senthil Murugan Arumugam, Muthukumaran Palanisami, Vijayakumar Shanmugam, and Sasikumar Elumalai. (2022) "Nb2O5/g-C3N4 Heterojunction Facilitates 2, 5-Diformylfuran Production via Photocatalytic Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural under Direct Sunlight Irradiation." *ChemPhotoChem* 6, no. 2: e202100199.
- ◆ Li, Hu, S. Saravanamurugan, Ashok Pandey, and Sasikumar Elumalai, eds. 2022 *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Biochemicals and Materials Production from Sustainable Biomass Resources.* Elsevier.
- ◆ Sharma, Shelja, Senthil Murugan Arumugam, Sandeep Kumar, Sangeeta Mahala, Bhawana Devi, and Sasikumar Elumalai. (2022) "Updated technologies for sugar fermentation to bioethanol." *Biomass, Biofuels, Biochemicals:* 95-116.
- ◆ Sharma, Shelja, Sandeep Kumar, and Sasikumar Elumalai. (2022) "Photocatalysis of biomass lignin to simple aromatic molecules." *Biomass, Biofuels, Biochemicals:* 535-561.
- ◆ Arumugam, Senthil Murugan, and Sasikumar Elumalai. (2022) "Oxidation of bio-based alcohols/carbonyls." *Biomass, Biofuels, Biochemicals:* 563-592.
- ◆ Paul, S., Thakur, N. S., Chandna, S., Sagar, V., Bhaumik, J*. (2022) Lignin-Based CdS Dots as Multifunctional Platform for Sensing and Wearable Photodynamic Coatings. *ACS Applied Nano Materials*, 5, 2, 2748-2761.
- ◆ Kaur, R.; Thakur, N. S.; Chandna, S.; Bhaumik, J.* (2021) Sustainable Lignin-Based Coatings Doped with Titanium Dioxide Nanocomposites Exhibit Synergistic Microbicidal and UV Blocking Performance Towards Personal Protective Equipment, *ACS Sus. Chem. Eng.* 9, 11223-11237.
- ◆ Kaur, R.; Bhardwaj, S. K.; Chandna, S. Kim, K. H. Bhaumik, J.* (2021) Lignin-based Metal Oxide Nanocomposites for UV Protection Applications: A Review, *Journal of Cleaner Production*, 317, 128300.
- ◆ Kirar, S.; Chaudhari, D.; Thakur, N. S.; Jain, S.; Bhaumik, J.; Laha, J. K.; Banerjee, U. C. (2021) Light-assisted anticancer photodynamic therapy using porphyrin-doped nanoencapsulates, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 220, 112209.
- ◆ Thakur, N. S.; Mandal, N.; Patel, G.; Kirar, S.; Reddy Y. N., Kushwah, V.; Jain, S.; Kalia, Y. N.; Bhaumik, J.; Banerjee, U. C. (2021) Co-administration of zinc phthalocyanine and quercetin via hybrid nanoparticles for augmented photodynamic therapy, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 33, 102368.
- ◆ Kirar, S.; Thakur, N. S.; Reddy Y. N., Banerjee, U. C., Bhaumik, J. (2021) Insights on the polypyrrole based nanoformulations for photodynamic therapy, *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines.* doi.org/10.1142/S1088424621300032.
- ◆ Kaur, R.; Chandna, S.; Bhardwaj, S. K.; Bhaumik, J.* 2022 Development of Lignin-based Metal Oxide Nanocomposites for their Applications in Photocatalysis, book chapter, book title: *Bioprospecting of Waste from Agro-Processing Industries*" Editors: A. Rana, A. Saneja, S. Kumar and E. Lichtfouse, published by Springer Nature.
- ◆ Reddy, Y. N.; Gogde, K.; Paul, S. Bhaumik, J.* (2021) Lignin to Platform Chemicals and Biomaterials, book chapter, book title: *Biomass for Bioenergy and Biomaterials*; Editors: Adlakha, N.; Bhatnagar, R.; Yazdani, S. S.; publisher: CRC Press, 34.
- ◆ M Singh, N Pandey, BB Mishra* A divergent approach for the synthesis of (hydroxymethyl)furfural (HMF) from spent aromatic biomass-derived (chloromethyl) furfural (CMF) as a renewable feedstock. *RSC Advances* 2020, 10, 45081-45089.
- ◆ M Singh, N Pandey, P Negi, C Larroche, BB Mishra* (2022) Solvothermal conversion of spent aromatic waste to ethyl glucosides. *Chemosphere.* 292, 133428
- ◆ N Pandey, Jyoti, M Singh, P Dwivedi, SC Sahoo, BB Mishra* (2021) Click chemistry inspired synthesis of andrographolide triazolyl conjugates for effective fluorescent sensing of ferric ions. *Natural Product Research.* 1-11 <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.2013837>
- ◆ V Ahluwalia, N Pandey, BB Mishra, J Kumar. (2021) Isolation, opti-

- में चिराटोल के मात्रात्मक विश्लेषण के लिए फोटोडायोड सरणी विधि के साथ अलगवाव, अनुकूलित निष्कर्षण, और अल्ट्रा-उच्च प्रदर्शन तरल क्रोमेटोग्राफी। जर्नल ऑफ संपरेशन साइंस, 44, 3904-3913
- ◆ एम ठाकुर, एके राय, बीबी मिश्रा, एसपी सिंह। (2021) टाइप III प्रतिरोधी स्टार्च और माल्टूलोसोसेराइड अणुओं में आलू के छिलके के बायोमास के मूल्य निर्धारण में उपन्यास अंतर्दृष्टि। पर्यावरण प्रौद्योगिकी और नवाचार, 24, 101827
 - ◆ एन पांडे, एम सिंह, पी द्विवेदी, वी अहलवालिया, आरएस सांगवान, बीबी मिश्रा। * (2021) फूड-ग्रेड 6-ओ-एस्कॉबिल फेटी एस्टर का संश्लेषण और संसाधनों के रूप में कम मूल्य वाले तेलों से उनका अर्ध-संश्लेषण। बायोमास रूपांतरण और बायोरिफाइनरी, 1-8। <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01682-9>
 - ◆ पटेल एस.एन., कौशल जी, सिंह एसपी (2021) डी-अल्लुज 3-एपिमेरेज ऑफ बैसिलस एसपी। उत्पत्ति विपुल गर्मी-स्थिरता और डी-फ्रुक्टोज एपिमेराइजेशन की उल्लेखनीय क्षमता को प्रकट करती है। माइक्रोबियल सैल फेक्ट्री 20(60), 1-16 (आईएफ 5.328)
 - ◆ अग्रवाल एन, सिंह एसपी (2021) ट्रेहलोज और ट्रेहलुलोज के उत्पादन के लिए एक उपन्यास ट्रेहलोज सिंथेज। माइक्रोबायोलॉजी सेक्टम 9: ई01333-21 (आईएफ 7.171)
 - ◆ ठाकुर एम, राय एके, मिश्रा बीबी, सिंह एसपी (2021) नोवेल इनसाइट इन वैलोराइजेशन ऑफ पोटेटो पील बायोमास इन टाइप III रेसिस्टेंट स्टार्च एंड माल्टुलिगोसेराइड मालिक्यूलस। पर्यावरण प्रौद्योगिकी और नवाचार 24, 101827 (आईएफ 5.263)
 - ◆ अग्रवाल एन, राय एके, सिंह एसपी (2021) मेटागेनोमिक एमाइलोलुकेज की ट्रांसग्लुकॉसिलेशन गतिविधि द्वारा α -arbutin में हाइड्रोक्विनोन का बायोट्रांसफार्मेशन। 3 बायोटेक 11(8), 362 (आईएफ 2.406)
 - ◆ आबेदीन एमएम, चौरसिया आर, फुकॉन एलसी, सिंह एसपी, राय एके (2022) सिक्किम हिमालय क्षेत्र के याक और गाय के दूध हार्ड छुरपी पनीर में एसीई अवरोधक और एंटीऑक्सीडेंट पेप्टाइड्स की विशेषता। खाद्य रसायन: X 13, 100231 (IF 5.182)
 - ◆ कुमार जे, राय केएम, कियानियन एसएफ, सिंह एसपी (2021) व्हीट ड्वार्फ इंडिया वायरस संक्रमण के जवाब में ट्रिटिकम एस्टिवम रेसिस्टोम का अध्ययन। जीवन (एमडीपीआई) 11(9), 955 (आईएफ: 3.817)
 - ◆ चौरसिया आर, कुमारी आर, सिंह एसपी, साहू डी, राय एके (2022) सिक्किम हिमालयी क्षेत्र के पारंपरिक रूप से किण्वित छुरपी से देशी लैक्टिक एसिड बैक्टीरिया का कैक्टराइजेशन ऑफ द प्रॉडक्शन ऑफ छुरपी चीज विद एन्हांसड एंटीऑक्सीडेंट इफेक्ट। एलडब्ल्यूटी - खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी 154, 112801 (आईएफ 4.952)
 - ◆ पाठक एके, सिंह एसपी, शर्मा आर, नाथ वी, तुली आर (2022) ट्रांसक्रिप्टोम एनालिसिस एट मिड-स्टेज सीड डेवलपमेंट इन लीची विद कॉन्ट्रास्टिंग सीड साइज। 3 बायोटेक 12, 17 (आईएफ 2.406)
 - ◆ कुमारी एम, पाधी एस, शर्मा एस, फुकॉन एलसी, सिंह एसपी, राय एके (2021) खाद्य प्रसंस्करण अनुप्रयोगों में शीत-सक्रिय एंजाइमों के स्रोत के रूप में साइकोफिलिक सूक्ष्मजीवों की जैव प्रौद्योगिकी क्षमता। 3 बायोटेक 11, 479 (आईएफ 2.406)
 - ◆ जादौन जेएस, बंसल एस, सांथालिया ए, राय एके, सिंह एसपी (2022) टिकाऊ पर्यावरण के लिए प्लास्टिक का बायोडिग्रेडेशन। जैव संसाधन प्रौद्योगिकी 347, 126697 (आईएफ 9.642)
 - ◆ पुस्तक: सूक्ष्मजीव आधारित औद्योगिक अणुओं की बायोप्रोसेसिंग। विले। (2021). आईएसबीएन 978-1-119-71724-9। संपादक: सिंह एसपी, उपाध्याय एसके
 - ◆ पुस्तक: जैव प्रौद्योगिकी और जैव अभियांत्रिकी में वर्तमान विकास; न्यूट्रास्यूटिकल्स और कार्यात्मक खाद्य उत्पादों के उत्पादन के लिए प्रौद्योगिकियाँ। एल्सेवियर। (2021). आईएसबीएन: 9780128235065. संपादक: राय एके, सिंह एसपी, पांडे ए, लैरोचे सी, सोकोल सी
 - ◆ पुस्तक: औद्योगिक अणुओं के लिए पादप जैव विविधता का जैव पूर्वक्षण। विले। (2021). आईएसबीएन 978-1-119-71721-8 संपादक: उपाध्याय एसके, सिंह एसपी
 - ◆ गुरप्रीत कौर, दलवीर कौर, सुशील के. कंसल, मोनिका गर्ग, मीना कृष्णिया* (2022), मैंगो सीड कर्नेल से प्राप्त संभावित कोकोआ बटर सबस्ट्रैट्यूट, खाद्य रसायन, 131244
 - ◆ उमेश सिंह, दलवीर कौर, विभू मिश्रा, मीना कृष्णिया* (2022) डेयरी व्हे के साथ कॉर्न ग्लूटेन मील से एंटीऑक्सीडेंटिव प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट तैयार करने के लिए कॉम्बिनेटोरियल अप्रोच: तैयारी, कैनेटीक्स, पोषण अध्ययन और लागत विश्लेषण, एलडब्ल्यूटी, 112437
 - ◆ गीशा सिंगला, परमजीत एस. पनेसर, राजेंद्र एस. सांगवान, मीना कृष्णिया* (2021), एंजाइम प्रोसेस्ड किन्नू पल्प अवशेष के साथ पूरक सेंवई के शेल्फ जीवन पर पैकेजिंग सामग्री का प्रभाव, खाद्य प्रक्रिया इंजीनियरिंग जर्नल, 13862
 - ◆ सौम्या सिंह, पृथ्वीविश कोला, दलवीर कौर, गीशा सिंगला, विभू मिश्रा, परमजीत एस पनेसर, कुमार मल्लिकार्जुन, मीना कृष्णिया* (2021), वायरल रोगों की रोकथाम में न्यूट्रास्यूटिकल्स और आहार पूरक की चिकित्सीय क्षमता: एक समीक्षा, पोषण में फ्रंटियर्स, 640

- mized extraction, and ultra-high performance liquid chromatography with photodiode array method for quantitative analysis of chiralol in *Swertia paniculata*. *Journal of Separation Science*, 44, 3904-3913
- ◆ M Thakur, AK Rai, BB Mishra, SP Singh. (2021) Novel insight into valorization of potato peel biomass into type III resistant starch and maltooligosaccharide molecules. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101827
 - ◆ N Pandey, M Singh, P Dwivedi, V Ahluwalia, RS Sangwan, BB Mishra*. (2021) Synthesis of food-grade 6-O-ascorbyl fatty esters and their semi-synthesis from low-value oils as resources. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01682-9>
 - ◆ Patel SN, Kaushal G, Singh SP (2021) D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp. origin manifests profuse heat-stability and noteworthy potential of D-fructose epimerization. *Microbial Cell Factories* 20(60), 1-16 (IF 5.328)
 - ◆ Agarwal N, Singh SP (2021) A novel trehalose synthase for the production of trehalose and trehalulose. *Microbiology Spectrum* 9: e01333-21 (IF 7.171)
 - ◆ Thakur M, Rai AK, Mishra BB, Singh SP (2021) Novel insight into valorization of potato peel biomass into type III resistant starch and maltooligosaccharide molecules. *Environmental Technology & Innovation* 24, 101827 (IF 5.263)
 - ◆ Agarwal N, Rai AK, Singh SP (2021) Biotransformation of hydroquinone into α -arbutin by transglucosylation activity of a metagenomic amylosucrase. *3 Biotech* 11(8), 362 (IF 2.406)
 - ◆ Abedin MM, Chourasia R, Phukon LC, Singh SP, Rai AK (2022) Characterization of ACE inhibitory and antioxidant peptides in yak and cow milk hard chhurpi cheese of the Sikkim Himalayan region. *Food Chemistry: X* 13, 100231 (IF 5.182)
 - ◆ Kumar J, Rai KM, Kianian SF, Singh SP (2021) Study of *Triticum aestivum* resistome in response to Wheat Dwarf India Virus infection. *Life (MDPI)* 11(9), 955 (IF: 3.817)
 - ◆ Chourasia R, Kumari R, Singh SP, Sahoo D, Rai AK (2022) Characterization of native lactic acid bacteria from traditionally fermented chhurpi of Sikkim Himalayan region for the production of chhurpi cheese with enhanced antioxidant effect. *LWT - Food Science and Technology* 154, 112801 (IF 4.952)
 - ◆ Pathak AK, Singh SP, Sharma R, Nath V, Tuli R (2022) Transcriptome analysis at mid-stage seed development in litchi with contrasting seed size. *3 Biotech* 12, 17 (IF 2.406)
 - ◆ Kumari M, Padhi S, Sharma S, Pukon LC, Singh SP, Rai AK (2021) Biotechnological potential of psychrophilic microorganisms as the source of cold-active enzymes in food processing applications. *3 Biotech* 11, 479 (IF 2.406)
 - ◆ Jadaun JS, Bansal S, Sonthalia A, Rai AK, Singh SP (2022) Biodegradation of plastics for sustainable environment. *Bioresource Technology* 347, 126697 (IF 9.642)
 - ◆ Book: *Bioprospecting of Microorganism Based Industrial Molecules*. Wiley, 2021. ISBN 978-1-119-71724-9. Editors: Singh SP, Upadhyay SK
 - ◆ Book: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering; Technologies for Production of Nutraceuticals and Functional Food Products*. Elsevier. (2021). ISBN: 9780128235065. Editors: Rai AK, Singh SP, Pandey A, Larroche C, Soccol C
 - ◆ Book: *Bioprospecting of Plant Biodiversity for Industrial Molecules*. Wiley. (2021). ISBN 978-1-119-71721-8 Editors: Upadhyay SK, Singh SP
 - ◆ Gurpreet Kaur, Dalveer Kaur, Sushil K.Kansal, Monika Garg, Meena Krishania* (2022), Potential Cocoa Butter Substitute Derived from Mango Seed Kernel, *Food Chemistry*, 131244
 - ◆ Umesh Singh, Dalveer Kaur, Vibhu Mishra, Meena Krishania* (2022) Combinatorial approach to prepare antioxidative protein hydrolysate from corn gluten meal with dairy whey: Preparation, kinetics, nutritional study and cost analysis, *LWT*, 112437.
 - ◆ Gisha Singla, Parmjit S. Panesar, Rajender S. Sangwan, Meena Krishania* (2021), Effect of packaging materials on the shelf-life of vermicelli supplemented with enzyme processed kinnow pulp residue, *Journal of Food Process Engineering*, 13862.
 - ◆ Saumya Singh, Prithwish Kola, Dalveer Kaur, Gisha Singla, Vibhu Mishra, Parmjit S Panesar, Kumar Mallikarjunan, Meena Krishania* (2021), Therapeutic potential of nutraceuticals and dietary supplements in prevention of Viral Diseases: A review, *Frontiers in Nutrition*, 640.

सीआईएबी से पेटेंट

- विविध जैवसंसाधनों से नियोपेक्टिन नामक विशेष प्रीमियम पेक्टिन के रासायनिक मुक्त उत्पादन की एक प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 201711021690। पेटेंट संख्या: 382314। आविष्कारक: सांगवान आरएस, शर्मा एम, पटेल एसएन, सिंह यू, सिंह एसपी, यादव सुदेश कुमार, संघु पीपी
- हिल लेमन (सिट्रस स्यूडोलैमन एल.) से आवश्यक तेल, पेक्टिन और सिट्रट की प्राप्ति के लिए एकीकृत प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 202111058365। आविष्कारक: यादव सुदेश कुमार, शर्मा नेहा
- विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए नैनोसेल्यूलोज और पेक्टिन के सह-निष्कर्षण के लिए औद्योगिक सब कचरे का मूल्य वर्धित उपयोग। आवेदन संख्या: 202111054648।
- गवार गम आधारित नोर्वेल नैनोकम्पोजिट के उत्पादन के लिए प्रक्रिया जिसे नैनोसेल्यूलोज के साथ लगाया गया है। आवेदन संख्या: 202211000126।
- एस. सरवनमुरुगन, और पी. पाल, 'मेटल क्लोराइड-इनेबल्ड प्रोडक्शन ऑफ फ्यूरानिक्स एंड -केटोवैलरिफ एसिड एंड देयर डेरिवेटिव्स फ्रॉम होलोसेल्यूलोज-समृद्ध फ्रैक्शन फ्रॉम एगो-रेसिड्यूज, एप्लीकेशन नंबर 202211005540।
- एस. सरवनमुरुगन और पी. पाल, 'उन्नत होलोसेल्यूलोज-समवर्ती लिग्निन के माध्यम से चावल के भसे से समृद्ध उत्पादन और चारा और रासायनिक फीडस्टॉक की ओर अनुप्रयोगों के लिए सिलिका रिमूवल,' आवेदन संख्या 202211005532।
- भारतीय पेटेंट ऐपल नंबर 202211006933 फ्रुक्टोज से सोर्बोज तैयार करने के लिए एक प्रक्रिया पर: जांचकर्ता: शशिकुमार एलुमलाई, भावना देवी और सैथिल मुरुगन अरुमगम, संगीता महला (फरवरी 2022)
- जे. भौमिक, वाई.एन. रेड्डी, एन.एस. ठाकुर और एस. चंदना, "हल्के कटाई अनुप्रयोगों के लिए प्रकाश संश्लेषक नैनोपिंगमेंट बनाने वाले इनकैप्सुलेशन या संयुग्मन के माध्यम से स्केलेबल तरीके से पॉलीपायरोलिक यौगिकों को विकसित करने और उनके नैनो फॉर्मिलेशन के विकास के लिए सरल और एक-पाठ प्रक्रियाएं"; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 201811044076, 22 नवंबर, 2018 को दायर किया गया। (पेटेंट दिया गया, संख्या 374672)
- जे. भौमिक, एस. ब्रती, वाई. एन. रेड्डी, एस. चांदना, एस. पॉल, आर. कौर, एस. अग्रवाल और एस. चंद्र। "सार्स-सीओवी-2 के खिलाफ अत्यधिक प्रभावी एंटीवायरल एजेंटों के रूप में लिग्निन आधारित पॉलीपीरोल नैनोफॉर्मिलेशन", भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 202111014735
- जे. भौमिक, एस.के. भारद्वाज, वाई.एन. रेड्डी और आर. कौर, "लाइट एक्टिवेटेड पॉलीपीरोलिक मेटल ऑर्गेनिक फ्रेमवर्क कंपोजिट और उसके अनुप्रयोग"; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 202011028994, 8 जुलाई, 2020 को दायर किया गया
- जे. भौमिक, एन.एस. ठाकुर, एस. पॉल और वाई.एन. रेड्डी, "वन पांट, ग्रीनर सिंथेसिस ऑफ एग्री-बायोमास लिग्निन व्युत्पन्न फ्लोरोसेंट मेटल नैनोक्लस्टर और उसके अनुप्रयोग"; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 202011028996, 8 जुलाई, 2020 को दायर किया गया
- ब्यूटिया मोनोसर्मा (लैम।) कुन्डूज (पलाश) से खाद्य ग्रेड ड्राई, भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या। 202211005755।
- सुक्रोज बायोमास से टरनोज के उत्पादन के लिए एक नई विधि। भारतीय पेटेंट Appl. नंबर 201911007403। भारतीय पेटेंट नं। 381027. आविष्कारक: सिंह एसपी, अग्रवाल एन (अनुमोदित)
- गन्ने के शीरे से प्रीबायोटिक ओलिगोसेकेराइड और लगभग शून्य कैलोरी कार्यात्मक चीनी के उत्पादन की एक प्रक्रिया, और उसी का उपयोग। भारतीय पेटेंट Appl. संख्या 201611016793. पेटेंट संख्या 366820; आविष्कारक: सिंह एसपी, सांगवान आरएस, शर्मा एम, पटेल एसएन, कृष्णिया एम, सिंह यू, लता के (अनुमोदित)
- विविध जैवसंसाधनों से विशेष प्रीमियम पेक्टिन नाम के नियोपेक्टिन के रासायनिक मुक्त उत्पादन की एक प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट Appl. नंबर 201711021690। पेटेंट संख्या: 382314 में। आविष्कारक: सांगवान आरएस, शर्मा एम, पटेल एसएन, सिंह यू, सिंह एसपी, यादव एसके, संघु पीपी (अनुमोदित)
- थर्मल स्प्रिंग मेटागेनीम से एक उपन्यास ट्रेहलोज सिंथेज को नियोजित करने वाले ट्रेहलोज और ट्रेहलूलोज के उत्पादन के लिए एक प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट Appl. नंबर 202111022212। आविष्कारक: सिंह एसपी, अग्रवाल एन (दाखिल)

Patents from CIAB

- ◆ A process for chemical free production of special premium pectin, named neopectin, from diversified bioresources. Indian Patent Appl. No. 201711021690. Patent Number: IN 382314. Inventors: Sangwan RS, Sharma M, Patel SN, Singh U, Singh SP, Yadav Sudesh Kumar, Sandhu PP
- ◆ Integrated process for recovery of essential oil, pectin and citrate from Hill lemon (*Citrus pseudolimon* L.). Indian Patent Appl. No. 202111058365" Inventors: Yadav Sudesh Kumar, Sharma Neha
- ◆ Value added utilization of industrial apple waste for the co-extraction of nanocellulose and pectin for various applications". Application number: 202111054648.
- ◆ Process for the production of guar gum based novel nanocomposite impregnated with nanocellulose". Application number: 202211000126.
- ◆ S. Saravanamurugan, and P. Pal, 'Metal chloride-enabled production of furanics and γ -ketovaleric acid and their derivatives from holocellulose-enriched fraction obtained from agro-residues,' Application No. 202211005540.
- ◆ S. Saravanamurugan and P. Pal, 'Improved Holocellulose-Enriched Production from Rice Straw via Concurrent Lignin and Silica Removal for Applications Towards Fodder and Chemical Feedstock,' Application No. 202211005532.
- ◆ Indian Patent Appl. No. 202211006933 On A process for preparing sorbose from fructose: Investigators: Sasikumar Elumalai, Bhawana Devi and Senthil Murugan Arumugam, Sangeeta Mahala (Feb 2022)
- ◆ J. Bhaumik, Y. N. Reddy, N. S. Thakur and S. Chandna, "Simple and one-pot processes to develop polypyrrolic compounds in scalable manner and development of their nano formulations through encapsulation or conjugation forming photosynthetic nanopigments for light harvesting applications thereof"; Indian patent application no: 201811044076, filed on 22nd November, 2018. (Patent granted, no. 374672)
- ◆ J. Bhaumik, S. Vrati, Y. N. Reddy, S. Chandna, S. Paul, R. Kaur, S. Agarwal and S. Chandru. "Lignin based polypyrrole nanoformulations as highly effective antiviral agents against SARS-CoV-2", Indian patent application no: 202111014735
- ◆ J. Bhaumik, S. K. Bhardwaj, Y. N. Reddy and R. Kaur, "Light activatable polypyrrolic metal organic framework composites and applications thereof"; Indian patent application no: 202011028994, filed on 8th July, 2020
- ◆ J. Bhaumik, N. S. Thakur, S. Paul and Y. N. Reddy, "One pot, greener synthesis of agri-biomass lignin derived fluorescent metal nanoclusters and applications thereof"; Indian patent application no: 202011028996, filed on 8th July, 2020
- ◆ Food grade dye from *Butea Monosperma* (Lam.) Kuntze (Palash), Indian Patent application no. 202211005755.
- ◆ A novel method for production of turanose from sucrose biomass. Indian Patent Appl. No. 201911007403. Indian Patent no. 381027. Inventors: Singh SP, Agarwal N (Granted)
- ◆ A process for the production of prebiotic oligosaccharides and nearly zero calorie functional sugar from cane molasses, and uses of the same. Indian Patent Appl. No. 201611016793. Patent Number 366820; Inventors: Singh SP, Sangwan RS, Sharma M, Patel SN, Krishania M, Singh U, Lata K (Granted)
- ◆ A process for chemical free production of special premium pectin, named neopectin, from diversified bioresources. Indian Patent Appl. No. 201711021690. Patent Number: IN 382314. Inventors: Sangwan RS, Sharma M, Patel SN, Singh U, Singh SP, Yadav SK, Sandhu PP (Granted)
- ◆ A process for the production of trehalose and trehalulose employing a novel trehalose synthase from thermal spring metagenome. Indian Patent Appl. No. 202111022212. Inventors: Singh SP, Agarwal N (Filed)

बाह्य अनुदान और अनुदान

**EXTRAMURAL
GRANTS &
FUNDINGS**

सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता

**INVITED
TALKS BY FACULTY**

बाह्य अनुदान और अनुदान

- विभिन्न खाद्य अनुप्रयोगों के लिए व्हे प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट, बैक्टीरियल सेल्यूलोज और टैगटोज के उत्पादन के लिए व्हे का पूर्ण उपयोग। एलएसआरबी, डीआरडीओ, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- पंजाब राज्य (एसएईएन) में माध्यमिक कृषि और खाद्य प्रसंस्करण उद्यमिता नेटवर्क की स्थापना। बीआईआरएसी, डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- पंजाब के कंडी क्षेत्र में रूरल बायोटेक इनोवेशन एंड एप्लीकेशन सेंटर (आरबीआईएसी) की स्थापना। डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- मूल्य वर्धित उत्पाद विकास के लिए चावल के अवशेषों का उपयोग। डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- जैव ईंधन और उप-उत्पादों के पर्यावरण-टिकाऊ उत्पादन के लिए कृषि अवशेषों के एकीकृत जैव प्रसंस्करण के लिए ब्रिक्स प्रौद्योगिकी मंच। डीएसटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- बायोप्रोसेस प्रौद्योगिकी पर कौशल विज्ञान कार्यक्रम। डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- कई स्वास्थ्य लाभों के साथ प्राकृतिक संसाधनों से दुर्लभ शक्कर डी-टैलोज और एल-राइबोज के उत्पादन के लिए एक स्थायी प्रक्रिया विकसित करना। राष्ट्रीय जैव विज्ञान पुरस्कार परियोजना डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- वैलोराइजेशन/डिपोलीमराइजेशन के लिए हिमालयी माइक्रोब्स से लिग्नोसेल्यूलोसिक एक्स्ट्रैमोजाइम का प्रोसेस ऑप्टिमाइजेशन और अप-स्केल प्रोडक्शन। डीबीटी, भारत सरकार द्वारा वित्त पोषित
- नैनोसेल्यूलोज का निष्कर्षण और बायोडिग्रेडेबल सामग्री का उपयोग करके कंपोजिट का विकास कुल ऑर्डर मूल्य INR 5,109,607.68। भारत के ब्लू चिप बिजनेस हाउस में से एक द्वारा वित्त पोषित। अवधि अप्रैल 01, 2021 से मार्च 31, 2022। वर्तमान में 31 जुलाई, 2022 तक बढ़ा दिया गया है।
- एग्री-बायोमास व्युत्पन्न लिग्निन आधारित कम लागत, जल प्रतिरोधी, स्वयं सफाई नैनोफिल्म, लगभग 60 लाख रुपये, अवधि जनवरी 2021- 31 दिसंबर, 2022
- कोरियाई गिन्सेंग सोसाइटी से अनुसंधान अनुदान, परियोजना जारी, 5000 अमरीकी डालर (2022-2023) [भूमिका: पीआई]
- डीबीटी नैनो कृषि अनुदान, 60 लाख (आईएनआर), परियोजना जारी (2021-2024) [भूमिका: सह-पीआई]
- डीएसटी-एग्रीटेक अनुदान, 60 लाख (INR), परियोजना जारी (2020-2022) [भूमिका: PI]
- COVID अनुसंधान कोष, DBT-CIAB, 10 लाख (INR), परियोजना पूर्ण (2020-2021) [भूमिका: PI]
- एमके भान फेलोशिप मेंटर, परियोजना जारी (2021-2024)
- डीबीटी परियोजना बीटी/पीआर31829/एनडीबी/39/649/2019 (2020-2023) लैक्टोज मुक्त और बायोएक्टिव पेप्टाइड समृद्ध दूध आधारित कार्यात्मक उत्पादों के विकास के लिए सिक्किम हिमालय के पारंपरिक किण्वित उत्पादों से देशी सूक्ष्मजीवों और जैव उत्प्रेरक की खोज। अनुदान: 116 लाख। चल रही है।
- डीबीटी परियोजना बीटी/पीआर36694/एनएनटी/28/1722/2020 (2021-2024) बढ़ी हुई तनाव सहनशीलता और फसल उत्पादकता में वृद्धि के लिए डी-एल्यूलोज आधारित नैनो-फॉर्मूलेशन का विकास

सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता

- डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने 'विषम उत्प्रेरण के साथ सस्टेनेबल केमिकल्स का उत्पादन' शीर्षक से एक भाषण दिया, VI सतत ऊर्जा और पर्यावरण चुनौतियों पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन (VI SEEC) इंटरनेशनल सोसाइटी फॉर एनर्जी, एनवायरनमेंट एंड सस्टेनेबिलिटी (ISEES), रमाडा द्वारा विन्धम लखनऊ द्वारा आयोजित किया गया। भारत, 27 से 29 दिसंबर 2021 के दौरान।
- 21 सितंबर 2021 के दौरान जैव रासायनिक इंजीनियरिंग विभाग एचबीटीयू, कानपुर द्वारा आयोजित राष्ट्रीय स्तर के संकाय विकास कार्यक्रम में "ऊर्जा और उच्च मूल्य वाले अग्रदूत अणुओं के लिए लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास प्रसंस्करण" पर आमंत्रित भाषण।
- भौमिक, जे. एग्री-बायोमास आधारित लिग्निन व्युत्पन्न नैनो और कोटिंग अनुप्रयोगों के लिए कार्यात्मक सामग्री, बायोमैटेरियल्स ऑनलाइन कॉन्फ्रेंस 2022, नेशनल सेंटर फॉर नैनोसाइंस एंड नैनो टेक्नोलॉजी, मद्रास विश्वविद्यालय, चेन्नई, तमिलनाडु, मार्च 17-22, 2022 (आमंत्रित वक्ता)
- भौमिक, जे. इंजीनियरिंग एग्री-बायोमास आधारित फंक्शनल मैटेरियल्स एज अ कॉन्ट्रिब्यूशन टू सस्टेनेबिलिटी, नेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन करंट एडवांसेज इन लाइफ साइंस एंड एनर्जी/एलएस-2022 एसआरएम इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस एंड टेक्नोलॉजी, मार्च 4-5, 2022 (आमंत्रित वक्ता)
- भौमिक, जे. एग्री-बायोमास ड्रिवेन कोटिंग मैटेरियल्स एंड वियरेबल टेक्नोलॉजी इन हेल्थकेयर (ऑनलाइन), एआईसीटीई-आईएसीटीई रीफ्रेश प्रोग्राम ऑन टेक्नोलॉजी ड्रिवेन हेल्थ केयर सिस्टम, AIRPTDHCS-2022, जवाहरलाल कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी, पलक्कड़, केरल, जनवरी 18 -24, 2022 (आमंत्रित वक्ता)
- भौमिक, जे. चांदना, एस. रेड्डी, वाई.एन., पॉल, एस. लिग्निन वैलोराइजेशन थ्रू इट्स एप्लिकेशन टू कन्वर्जन इन फंक्शनल मैटेरियल्स, (ऑनलाइन) अमेरिकन केमिकल सोसाइटी स्प्रिंग नेशनल मीटिंग 2021, अप्रैल 5-30, 2021 (मौखिक प्रस्तुति)
- एमिटी इंस्टीट्यूट ऑफ क्लिक केमिस्ट्री रिसर्च एंड स्टडीज (एआईसीसीआरएस) में 'क्लिक केमिस्ट्री: एन इमर्जिंग टूल फॉर बायोटेक्नोलॉजी एंड मैटेरियल साइंस' पर राष्ट्रीय सम्मेलन में दिनांक 20-21 अगस्त 2021 के दौरान 'क्लिक केमिस्ट्री इंस्प्रायड सिंथेसिस ऑफ नेचुरल प्रोडक्ट ग्लाइकोहाइड्रिड ट्राइजोल्स' शीर्षक से आमंत्रित वार्ता।, एमिटी यूनिवर्सिटी उत्तर प्रदेश (एयूपी), नोएडा, भारत।
- संसाधन दक्षता, ऊर्जा, पर्यावरण के लिए जैव प्रौद्योगिकी पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में 1-4 दिसंबर 2021 के दौरान खर्च किए गए सुगंधित बायोमास व्युत्पन्न (क्लोरोमैथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) से फीड स्टॉक के रूप में 'उत्पादन (हाइड्रॉक्सीमिथाइल) फरफुरल (एचएमएफ)' शीर्षक से आमंत्रित वार्ता। रसायन और स्वास्थ्य (ब्रीच 2021), सीएसआईआर-भारतीय पेट्रोलियम संस्थान, देहरादून, भारत।
- राष्ट्रीय कृषि जैव प्रौद्योगिकी संस्थान (एनएबीआई), एसएस नगर, मोहाली-140306, भारत में 27/04/2022 को संकाय अनुसंधान प्रस्तुति श्रृंखला में आमंत्रित वार्ता।
- एआईसीटीई, नई दिल्ली द्वारा प्रायोजित बायोप्रोस्पेक्टिंग (ICONBIO) पर अंतर्राष्ट्रीय ई-सम्मेलन और जैव प्रौद्योगिकी विभाग, अरुणाई इंजीनियरिंग कॉलेज द्वारा आयोजित 29 और 30 जनवरी 2021 के दौरान बायोएनर्जी, पर्यावरण और सतत प्रौद्योगिकी (BEST2021) पर 5 वां अंतर्राष्ट्रीय ई-सम्मेलन
- बायोप्रोसेसिंग पर 9वां अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन IBA-IFIBiop 2021, इंटरनेशनल एसोसिएशन ऑफ बायोप्रोसेसिंग एंड यूनिवर्सिटी ऑटोनोमा डी कोहुइला, सितंबर 12-15
- विश्वविद्यालय अनुदान आयोग (यूजीसी-एचआरडीसी), जेएनवी विश्वविद्यालय, जोधपुर, राजस्थान, अनुशासन-विशिष्ट अनुसंधान का आयोजन: 30 सितंबर 2021 को गुरु-दक्षता कार्यक्रम में "अनुसंधान प्रस्ताव की योजना बनाना और लिखना, अनुसंधान में छात्रों को शामिल करना, वित्त पोषण के अवसर"।
- पीएयू-ऑनलाइन (17-03-2022) पर "आहार की गुणवत्ता में सुधार के लिए खाद्य सुदृढ़ीकरण हस्तक्षेप" पर आमंत्रित अतिथि व्याख्यान
- वीआईटी, वेल्लोर में "स्वीटनर-जाइलिटोल फ्रॉम लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास बाय बायोप्रोसेसिंग" पर आमंत्रित अध्यक्ष - ऑनलाइन (30-05-2021)
- वेबिनार में पैनलिस्ट स्पीकर: रिसर्च एंड इनोवेशन टेक्नोबिज 2021, बायोमास से स्वीटनर-जाइलिटोल प्रोडक्शन पर प्रस्तुत, 10 जुलाई 2021 शाम 4:00 बजे - शाम 5:00 बजे IST, डिजिटल प्लेटफॉर्म।
- 2 सितंबर 2021 को सुबह 10 - 11:00 बजे आयोजित "फूड फोर्टिफिकेशन/बायोफोर्टिफिकेशन के माध्यम से पोषण बढ़ाने पर फोर्टिफिकेशन" विषय पर सत्र में पैनलिस्ट स्पीकर

Extramural Grants and Fundings

- ◆ Complete Utilization of whey for the production of whey protein hydrolysate, bacterial cellulose and tagatose for various food application. Funded by LSRB, DRDO, GoI
- ◆ Setting up of Secondary Agriculture and food Processing Entrepreneurial Network in Punjab State (SAEN). Funded by BIRAC, DBT, GoI
- ◆ Setting up of Rural Biotech Innovation and Application Centre (RBIAC) in Kandli Area of Punjab. Funded by DBT, GoI
- ◆ Utilization of Rice Residues for Value Added Product Development. Funded by DBT, GoI
- ◆ BRICS Technology Platform for integrated bioprocessing of agriculture residues for eco-sustainable production of biofuels and by-products. Funded by DST, GoI
- ◆ Skill Vigyan Program on Bioprocess Technology. Funded by DBT, GoI
- ◆ To develop a sustainable process for the production of rare sugar D-talose and L-ribose from natural resources, with multiple health benefits. National Bioscience Award project Funded by DBT, GoI
- ◆ Process optimization and up-scale production of lignocellulosic extremozymes from Himalayan microbes for valorization/ depolymerisation. Funded by DBT, GoI
- ◆ "Extraction of Nanocellulose and development of composites using Biodegradable materials" total order value INR 5,109,607.68. Funded by one of the Blue Chip Business house of India. Duration Apr 01, 2021 to March 31, 2022. Presently extended upto July 31, 2022.
- ◆ Running Project: "Agro-biomass derived lignin based low-cost, water resistant, self cleaning nanofilms", approx., Rs 60 lakh, Duration Jan 2021- Dec 31, 2022
- ◆ Research grant from Korean Ginseng Society, project continuing, USD 5000 (2022-2023)
- ◆ DBT Nanoagri grant, 60 lakhs (INR), project continuing (2021-2024)
- ◆ DST-Agrotech grant, 60 lakhs (INR), project continuing (2020-2022)
- ◆ COVID research fund, DBT-CIAB, 10 lakhs (INR), project completed (2020-2021)
- ◆ MK Bhan fellowship mentor, (2021-2024)
- ◆ DBT Project BT/PR31829/NDB /39/649/2019 (2020-2023) Exploration of native microorganisms and biocatalysts from traditional fermented products of Sikkim Himalayas for development of lactose free and bioactive peptide enriched milk-based functional products. Grant: 116 Lakhs. Ongoing.
- ◆ DBT Project BT/PR36694/NNT /28/1722/2020 (2021-2024) Development of D-allulose based nano-formulations for enhanced stress tolerance and increased crop productivity

Invited Talks by CIAB Faculty

- ◆ S. Saravanamurugan delivered a talk entitled 'Production of Sustainable Chemicals with Heterogeneous Catalysis' VI International Conference on Sustainable Energy and Environmental Challenges (VI SEEC) Organized by the International Society for Energy, Environment and Sustainability (ISEES), Ramada by Wyndham Lucknow, India, during 27 to 29 December 2021.
- ◆ Sasikumar Elumalai. Invited talk on "Lignocellulosic biomass processing to energy and high-value precursor molecules" in the national level Faculty Development program conducted by Biochemical Engineering Department HBTU, Kanpur during 21 Sept 2021.
- ◆ Bhaumik, J. Agri-biomass based lignin derived nano and functional materials for coating applications, Biomaterials Online Conclave 2022, National Centre for Nanoscience and Nanotechnology, University of Madras, Chennai, Tamil Nadu, March 17-22, 2022
- ◆ Bhaumik, J. Engineering Agro-Biomass based Functional Materials as a Contribution to Sustainability, National Conference on Current Advances in Life Sciences NCCALS-2022 SRM Institute of Science and Technology, March 4-5, 2022 (Invited speaker)
- ◆ Bhaumik, J. Agri-Biomass Driven Coating Materials & Wearable Technology in Healthcare (online), AICTE-ISTE Refresher Programme on Technology Driven Health Care System, AIRPT-DHCS-2022, Jawaharlal College of Engineering and Technology, Palakkad, Kerala, January 18-24, 2022
- ◆ Bhaumik, J. Chandna, S., Reddy, Y. N., Paul, S. Lignin valorization via its efficient conversion into functional materials, (online) American Chemical Society Spring National Meeting 2021, April 5-30, 2021 (Oral presentation)
- ◆ Bhuwan Mishra, 'Click Chemistry Inspired Synthesis of Natural Product Glycohybrid Triazoles' during date 20-21 August 2021 at National conference on 'Click Chemistry: An Emerging Tool for Biotechnology and Material Science' at Amity Institute of Click Chemistry Research and Studies (AICCRS), Amity University Uttar Pradesh (AUUP), Noida, India.
- ◆ Bhuwan Mishra, 'Production of (hydroxymethyl) furfural (HMF) from spent aromatic biomass derived (chloromethyl)furfural (CMF) as a feed stock' during 1-4 December 2021 at International Conference on Biotechnology for Resource Efficiency, Energy, Environment, Chemicals and Health (BREEECH 2021), CSIR-Indian Institute of Petroleum, Dehradun, India.
- ◆ Bhuwan Mishra, Faculty Research Presentation series on 27/04/2022 at National Agrifood Biotechnology Institute (NABI), SAS Nagar, Mohali-140306, India.
- ◆ Sudhir P. Singh, International E-Conference on Bioprospecting (ICONBIO) sponsored by AICTE, New Delhi and 5th International E-Conference on Bioenergy, Environment and Sustainable Technologies (BEST2021) during 29&30 January 2021 organized by the Department of Biotechnology, Arunai Engineering College
- ◆ Sudhir P. Singh, 9th International Conference on Bioprocessing IBA-IFIBiop 2021, International Association of Bioprocessing and Universidad Autónoma de Coahuila, September 12-15
- ◆ Sudhir P. Singh, University Grants Commission (UGC-HRDC), JNV University, Jodhpur, Rajasthan, Conducting Discipline-specific Research: planning, and writing a research proposal, funding opportunities, involving students in research" on 30 September 2021 in GURU-DAKSHATA programme
- ◆ Meena Krishania, Invited Guest Lecture on "Food Fortification intervention to improve the quality of diet" at PAU -online (17-03-2022)
- ◆ Meena Krishania, Invited Speaker on "Sweetener -Xylitol from lignocellulosic Biomass by Bioprocessing" at VIT, Vellore, - online (30-05-2021)
- ◆ Meena Krishania, Panellist Speaker in webinar: Research and Innovation Technobiz 2021, presented on Sweetener-Xylitol Production from Biomass, Jul 10, 2021 4:00 PM - 5:00 PM IST, digital platform.
- ◆ Meena Krishania, Panellist speaker in the session on the topic Fortification on Enhancing Nutrition through food fortification/ biofortification" "held on 2nd Sept. 2021, 10 - 11:00 am.

पुरस्कार/वैज्ञानिक मान्यताएं

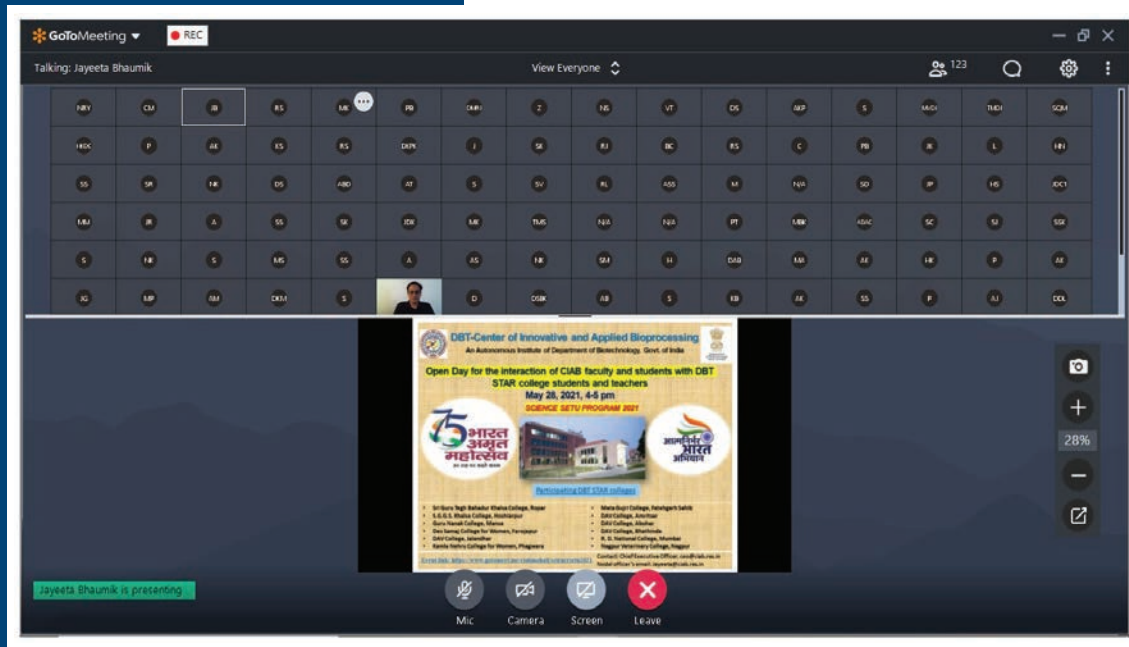
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन को रॉयल सोसाइटी ऑफ केमिस्ट्री (एफआरएससी), लंदन, यूके के फेलो के रूप में चुना गया था।
- ◆ श्री साहिल कुमार को यूनाइटेड किंगडम डिपार्टमेंट ऑफ बिजनेस, एनर्जी एंड इंडस्ट्रियल स्ट्रेटजी (बीईआईएस) और डिपार्टमेंट ऑफ बायोटेक्नोलॉजी (डीबीटी), भारत सरकार द्वारा समर्थित न्यूटन-भाभा फंड के लिए चुना गया है, जो कि स्ट्रेथक्लाइड विश्वविद्यालय, ग्लासगो का दौरा करने के लिए है। यूनाइटेड किंगडम।
- ◆ श्री निशांत पांडे को संसाधन दक्षता, ऊर्जा, पर्यावरण, रसायन और स्वास्थ्य के लिए जैव प्रौद्योगिकी पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में 'सर्वश्रेष्ठ पेपर पुरस्कार' प्राप्त हुआ (ब्रीच 2021), सीएसआईआर-भारतीय पेट्रोलियम संस्थान, देहरादून, भारत
- ◆ श्री मंगत सिंह को ऊर्जा और पर्यावरण संसाधनों (स्टीयर-2022), श्री शिवसुब्रमण्य नादर इंजीनियरिंग कॉलेज, तमिलनाडु, भारत में सतत प्रवृत्तियों में 'सर्वश्रेष्ठ पेपर पुरस्कार' प्राप्त हुआ।
- ◆ सुश्री ज्योति को रसायन और सामग्री विज्ञान (एसीएमएस-2022), हेरिटेज इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, कोलकाता, भारत में प्रगति पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में 'सर्वश्रेष्ठ पेपर पुरस्कार' मिला।

Awards/Scientific recognitions

- ◆ **Dr. S. Saravanamurugan** was elected as a Fellow of the Royal Society of Chemistry (FRSC), London, UK.
- ◆ Mr. Sahil Kumar has been selected for the Newton-Bhabha fund supported by the United Kingdom Department of Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS) and Department of Biotechnology (DBT), Government of India, to visit the University of Strathclyde, Glasgow, the United Kingdom.
- ◆ Mr. Nishant Pandey received 'Best paper award' at International Conference on Biotechnology for Resource Efficiency, Energy, Environment, Chemicals and Health (BREEECH 2021), CSIR-Indian Institute of Petroleum, Dehradun, India
- ◆ Mr. Mangat Singh received 'Best paper award' at Sustainable trends in energy and environmental resources (STEER-2022), Sri Sivasubramaniya Nadar College of Engineering, Tamil Nadu, India.
- ◆ Ms. Jyoti received 'Best paper award' at International Conference on Advances in Chemical and Material Sciences (ACMS-2022), Heritage institute of technology, Kolkata, India.

इवेंट गैलरी
EVENTS
GALLERY

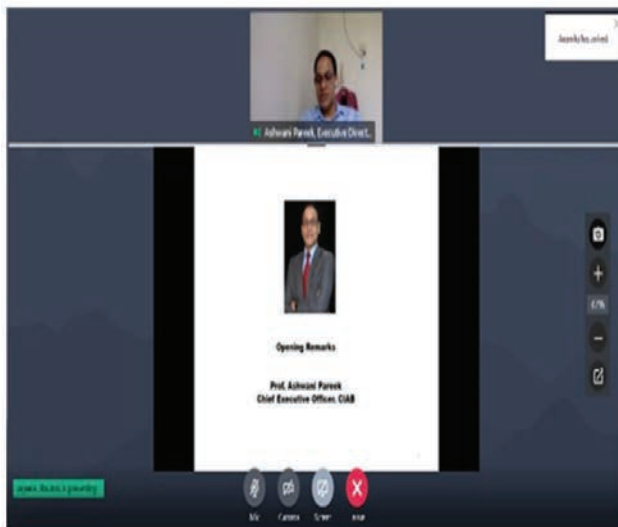
OPEN DAY EVENT



डीबीटी सीआईएबी ने 28-05-2021 को सफलतापूर्वक एक ऑनलाइन ओपन डे कार्यक्रम का आयोजन किया

DBT-CIAB HAS SUCCESSFULLY ORGANIZED AN ONLINE OPEN DAY EVENT ON 28-05-2021

YOUTH DAY EVENT

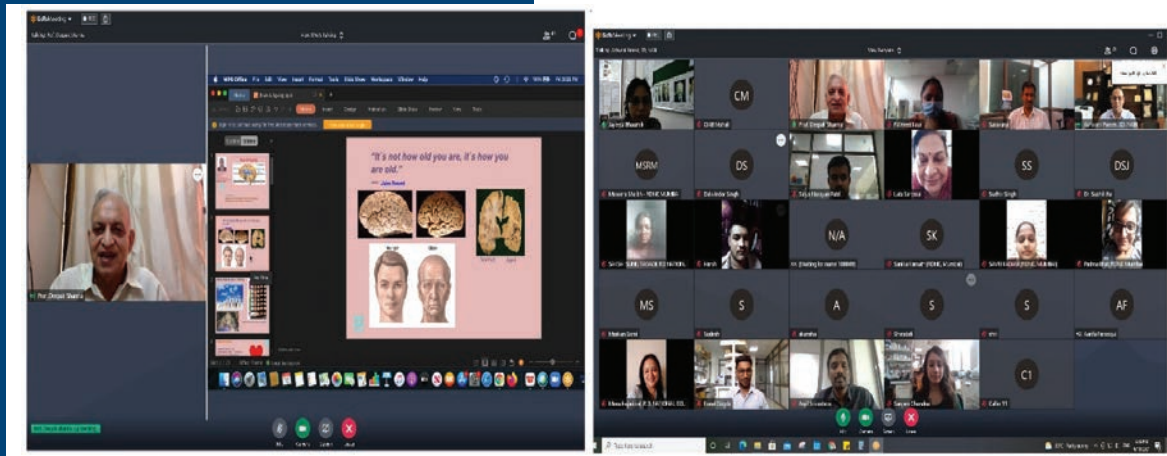


डीबीटी-सीआईएबी ने 04-06-2021 को युवा दिवस कार्यक्रम का आयोजन किया

DBT-CIAB ORGANIZED YOUTH DAY EVENT ON 04-06-2021



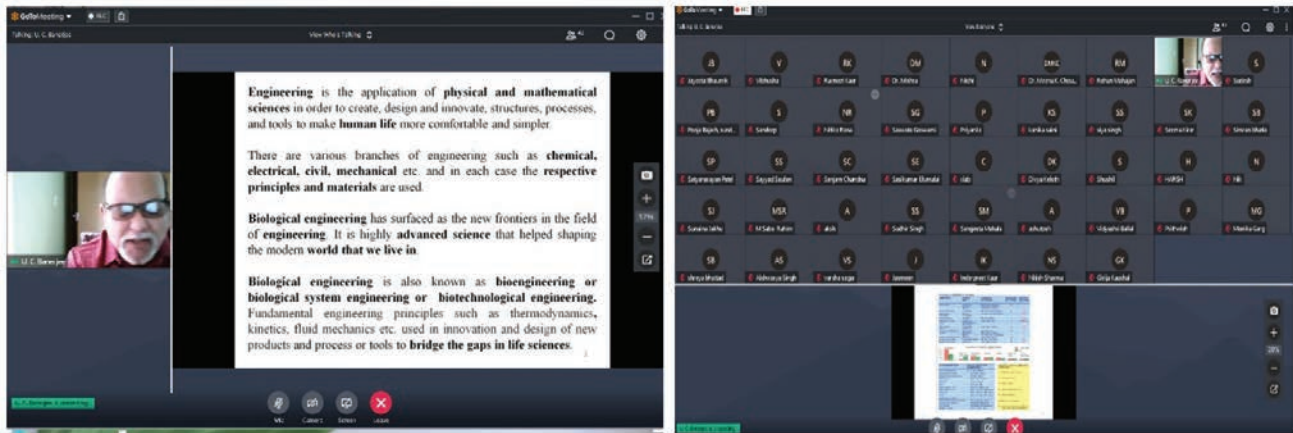
SCIENCE SETU EVENT



विज्ञान सेतु कार्यक्रम के एक भाग के रूप में 18 जून को “ब्रेन एंड एजिंग” पर व्याख्यान

LECTURE ON “BRAIN AND AGEING” ON JUNE 18 AS A PART OF SCIENCE SETU EVENT

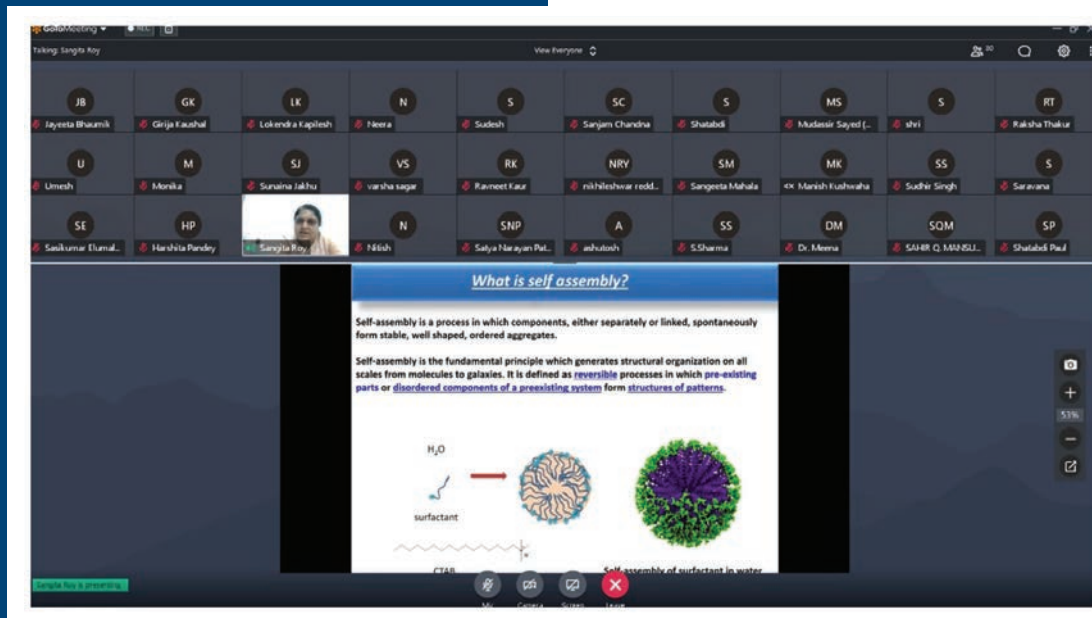
SCIENCE SETU EVENT



विज्ञान सेतु कार्यक्रम के एक भाग के रूप में 24 जून को “बायोप्रोसेसिंग इंजीनियरिंग और स्केल अप समस्याओं” पर व्याख्यान

LECTURE ON “BIOPROCESSING ENGINEERING AND SCALE UP PROBLEMS” ON JUNE 24 AS A PART OF SCIENCE SETU EVENT

SCIENCE SETU EVENT

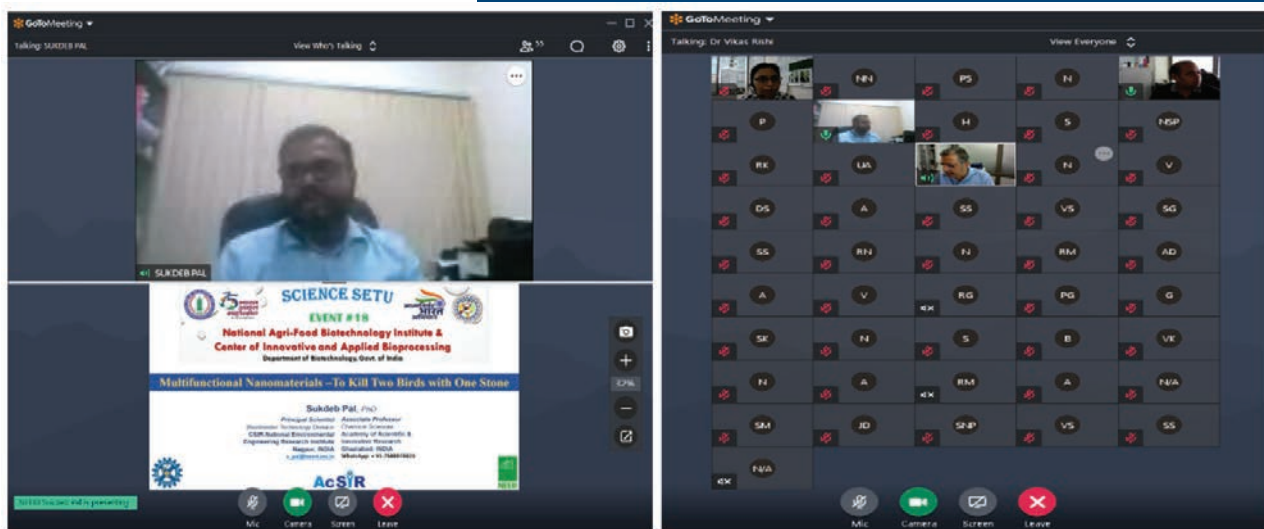


डॉ। संगीता रॉय, वैज्ञानिक-डी, संस्थान-मोहाली ने विज्ञान सेतु मंच के तहत व्याख्यान दिया

DR. SANGITA ROY, SCIENTIST-D, INST-MOHALI HAS DELIVERED A LECTURE UNDER SCIENCE SETU PLATFORM

नाबी और सीआईएबी संयुक्त रूप से 30 जुलाई, 2021 को 18वें विज्ञान सेतु व्याख्यान का आयोजन कर रहे हैं
NABI & CIAB JOINTLY ORGANIZING 18TH SCIENCE SETU LECTURE ON JULY 30, 2021

SCIENCE SETU EVENT



75TH INDEPENDENCE DAY

नाबी -सीआईएबी परिसर में 75वां स्वतंत्रता दिवस समारोह

75TH INDEPENDENCE DAY CELEBRATION AT NABI-CIAB CAMPUS

SCIENCE SETU EVENT

Synthesis of acrylic plastics

Methylmethacrylate (MMA) $\xrightarrow{\text{Polymerization}}$ Acrylic plastic or poly-(MMA)

Methylmethacrylate (MMA) + Butadiene $\xrightarrow{\text{Co-polymerization}}$ Acrylic plastic

X. Nagai and T. Uti, Trends and Future of Monomers, MMA Technology, 2004

डॉ संतोष गोविंद खोकराले ने विज्ञान सेतु कार्यक्रम #20 के तहत व्याख्यान दिया

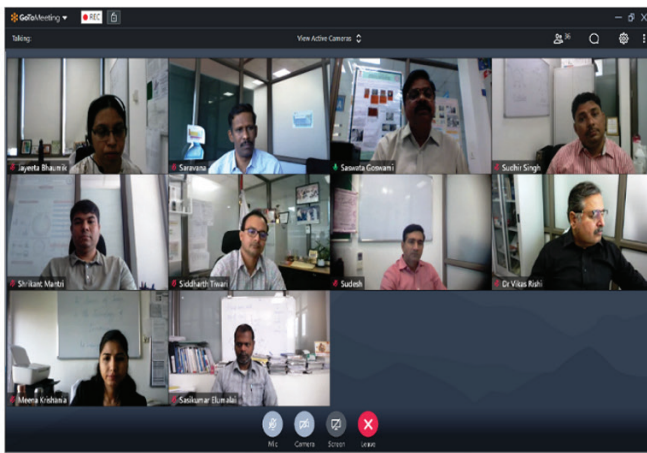
DR SANTOSH GOVIND KHOKARALE HAS DELIVERED A LECTURE UNDER SCIENCE SETU EVENT#20

HINDI DIWAS



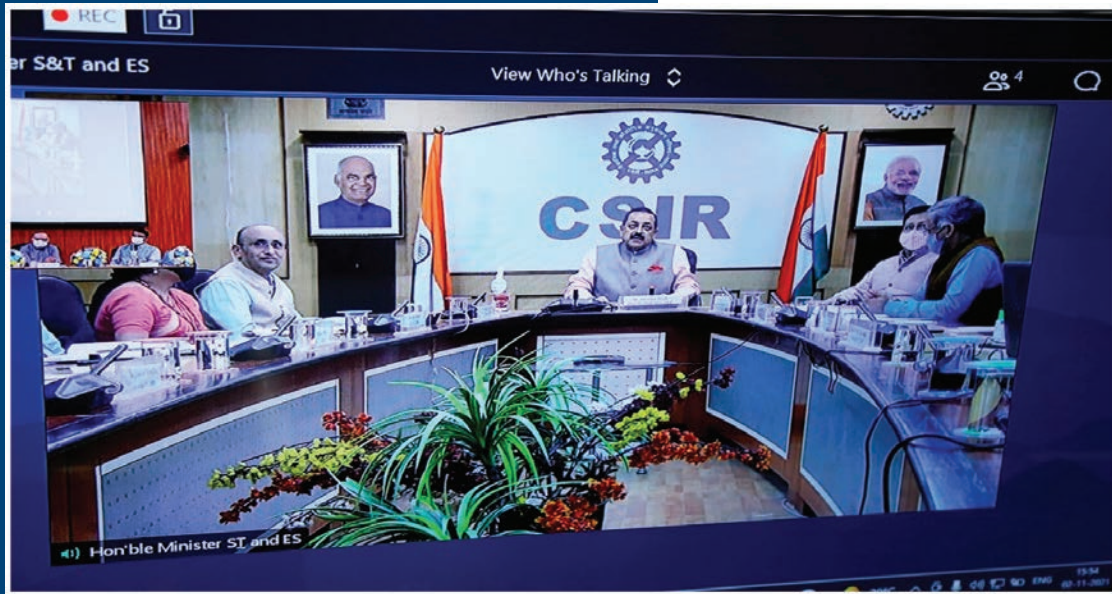
हिंदी दिवस और हिंदी पखवाड़ा-2021
HINDI DIWAS AND HINDI PAKHWARA-2021

VIGILANCE AWARENESS



सतर्कता जागरूकता सप्ताह-2021
VIGILANCE AWARENESS WEEK-2021

DIGITAL PLATFORMS



नाबी -सीआईएबी में परम स्मृति सुपरकंप्यूटिंग सुविधा और डिजिटल प्लेटफॉर्म का उद्घाटन

INAUGURATION OF PARAM SMRITI SUPERCOMPUTING FACILITY AND DIGITAL PLATFORMS AT NABI-CIAB

73RD REPUBLIC DAY



नाबी -सीआईएबी परिसर में 73वां गणतंत्र दिवस समारोह

73RD REPUBLIC DAY CELEBRATION AT NABI-CIAB CAMPUS

NSD-2022



राष्ट्रीय विज्ञान दिवस (एनएसडी-2022)

NATIONAL SCIENCE DAY (NSD-2022)

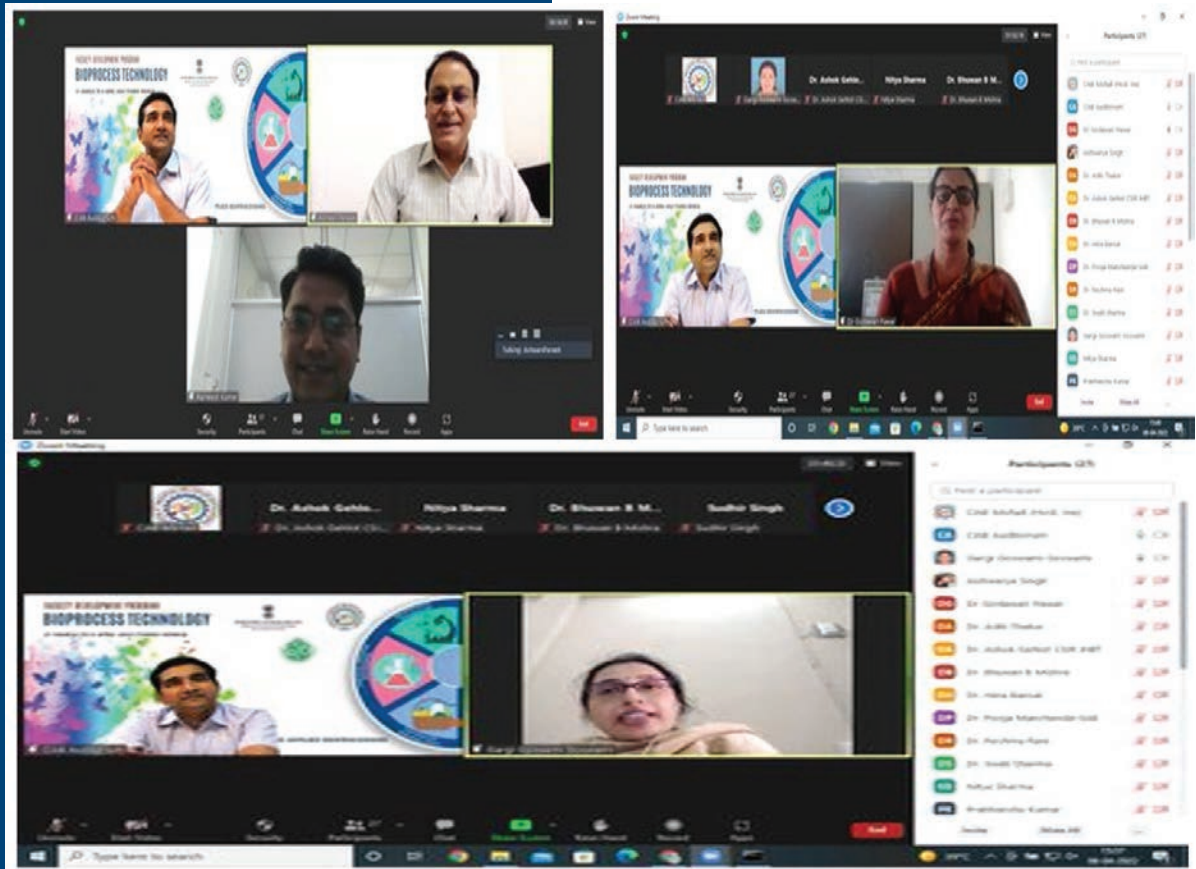
WOMEN'S DAY



अंतर्राष्ट्रीय महिला दिवस 2022 का उत्सव

CELEBRATION OF INTERNATIONAL WOMEN'S DAY 2022

FACULTY DEVELOPMENT



जैवप्रक्रिया प्रौद्योगिकी में संकाय विकास कार्यक्रम-2022

FACULTY DEVELOPMENT PROGRAM IN BIOPROCESS TECHNOLOGY-2022

इंस्टिट्यूट एकाउंट्स इनफार्मेशन

Institute

ACCOUNTS

Information

SHAMMI GARG & CO.
Chartered Accountants

C/o Durga Bhai & Co
 SCO 15, Sector 26,
 Madhya Marg,
 Chandigarh-160019
 Cell : 9914728900

Web: www.sgargco.com

AUDITORS' REPORT Email: Office@sqargco.com

TO

THE MEMBERS,

CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING

1. We have audited the attached Balance sheet of **CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING** as at **March 31, 2022**, the Income and Expenditure account and Receipt & payments account for the year ended on that date annexed thereto. These Financial statements are the responsibility of the institution's Management. Our responsibility is to express an opinion on these financial statements based on our audit.
2. We conducted our audit in accordance with auditing standards generally accepted in India. Those standards require that we plan and perform that audit to obtain reasonable assurance about whether the financial statements are free of material misstatements. An audit includes, examining, on tests basis evidence supporting the amount & disclosures in the financial statements. An audit also includes assessing the accounting principles used and significant estimates made as well as evaluating the overall financial statement presentation. We believe that our audit provides a reasonable basis for our opinion.
3. We have obtained all the information and explanation, which, to the best of our knowledge and belief, were necessary for the purpose of audit. In our opinion proper books of accounts as are necessary have been kept so far as it appears from our examination of those books.
4. In our opinion and to the best of our information and according to the explanations given to us, subject to our observation below and notes on accounts (Schedule 25), the financial statements give a true and fair view, in conformity with the accounting principles generally accepted in India:
 - a) In the case of Balance sheet of the state of affairs of the Institution as at March 31, 2022 and
 - b) In the case of Income and Expenditure Account, of the surplus/(deficit) of the Institution for the year ended on that date

Place: Mohali
 Date: 31.08.2022

For Shammi Garg & Co.
 Chartered Accountants


 (CA Shammi Garg)
 Partner
 Membership No. 095431


FORM OF FINANCIAL STATEMENTS (NON PROFIT ORGANIZATION)
CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING
(FORMERLY BIO PROCESSING UNIT)

Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali

BALANCE SHEET AS AT 31st MARCH 2022

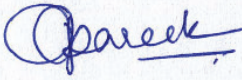
(Amounts in Rs.)

CORPUS/ CAPITAL FUND AND LIABILITIES	Schedule	Current Year	Previous Year
Corpus/Capital Fund	1	50,90,59,810	58,13,99,807
Reserves and Surplus	2	1	1
Earmarked / Endowment/ Project Grants	3	2,08,77,965	1,96,12,625
Secured Loans and Borrowings	4	-	-
Unsecured Loans and Borrowings	5	-	-
Defferred Current Liabilities	6	-	-
Current Liabilities and Provisions	7	4,55,40,637	2,42,73,046
TOTAL		57,54,78,413	62,52,85,479
ASSETS	Schedule	Current Year	Current Year
Fixed Assets	8	49,00,36,121	49,95,90,255
Investments- from Earmarked/Endowment funds	9	-	-
Investments - Others	10	-	-
Current Assets, Loans & Advances etc.	11	8,54,42,292	12,56,95,224
TOTAL		57,54,78,413	62,52,85,479
Significant Accounting Policies	24		
Contingent liabilities and notes on accounts	25		


 (ANIL DHANKHAR)
 FINANCE OFFICER


Dated: 18/08/2022
 Place: Mohali

अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
 वित्त अधिकारी / Finance Officer
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
 Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 (जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वतंत्र संस्थान)
 (An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
 सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
 मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India


 (PROF. ASHWANI PAREEK)
 CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
 मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
 Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
 Department of Biotechnology, Govt. of India
 सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
 मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO.
 CHARTERED ACCOUNTANTS


 (CA SHAMMI GARG)
 PARTNER

Membership No. 095431

UDIN: 22095431AQMNJB4249



FORM OF FINANCIAL STATEMENTS (NON-PROFIT ORGANISATIONS)
CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING
(FORMERLY BIOPROCESSING UNIT)

Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali

INCOME AND EXPENDITURE ACCOUNT

FOR THE YEAR ENDED 31st MARCH 2022

(Amount in Rs.)

INCOME	Schedule	Current Year	Previous Year
Income from Sales/Services	12	-	-
Grants in aid /subsidies	13	5,90,25,517	9,00,00,000
Fees/subscriptions	14	-	-
Income from Investments (Income on investment from earmarked/endowment funds transferred to funds)	15	-	-
Income from Royalty, Publication etc.	16	-	-
Interest Earned	17	17,28,306	42,25,542
Other Income	18	23,23,206	27,07,005
Increase/decrease in stock of finished goods & work-in-progress	19	-	-
TOTAL(A)		6,30,77,029	9,69,32,547
EXPENDITURE	Schedule	Current Year	Current Year
Establishment Expenses	20	2,97,15,735	2,04,08,957
Other Administrative Expenses	21	3,32,44,655	3,04,83,351
Research & Development Expenditure (Incl. Grants, Subsidies etc)	21A	3,20,71,095	2,46,09,789
Expenditure on grants, Subsidies etc.	22	-	-
Interest	23	-	-
Depreciation	8	6,28,08,304	6,42,52,072
TOTAL(B)		15,78,39,789	13,97,54,169
Balance (+)surplus/ ((-)-deficit) (A-B)		-9,47,62,760	-4,28,21,622
Deficit carried to Schedule-7 (Payable to Government)			
Balance being surplus/ (deficit) carried to Capital Fund (Schedule 1)		-9,47,62,760	-4,28,21,622
Significant Accounting Policies	24		
Contingent liabilities and notes on accounts	25		



(ANIL DHANKHAR)
 FINANCE OFFICER
 Dated: 18/08/2022
 Place: Mohali

अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
 वित्त अधिकारी / Finance Officer
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
 Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 (जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
 (An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
 सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
 मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



(PROF. ASHWANI PAREEK)
 CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
 मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
 Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
 Department of Biotechnology, Govt. of India
 सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
 मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO.
 CHARTERED ACCOUNTANTS


 (CA SHAMMI GARG)
 PARTNER

Membership No. 095431

Form of Financial Statements for the Central Autonomous Bodies (Non-Profit Organizations and Similar Institutions)

CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING
(FORMERLY BIOPROCESSING UNIT)

Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali

RECEIPTS AND PAYMENTS FOR THE PERIOD/YEAR ENDED ON 31.03.2022

RECEIPT			PAYMENT		
	Current Year	Previous Year		Current Year	Previous Year
I. Opening Balance			I. Expenditure		
a) Cash in Hand			(a) Establishment Expenses		
b) Bank Balances			1. Manpower Salaries, Wages and Allowances	2,89,17,907	2,07,12,442
i) In current accounts			2. Provision for Gratuity and leave encashment	44,04,240	25,98,604
ii) In deposit Accounts	10,47,56,566	13,68,39,340	(b) Administrative Expenses		
iii) In Savings Accounts	67,90,729	57,98,849	1. Travelling & conveyance expenses	2,31,629	66,897
II. Grants Received			2. Postage, Telephone & communication charges	5,13,754	3,04,346
(i) Capital Grant	2,24,22,763	3,00,00,000	3. Office and Admn Expenses	9,80,087	5,95,829
(ii) Revenue Grant	5,90,25,517	9,00,00,000	4. Advertisement & Publicity	1,88,189	13,68,143
III. Other Incomes and receipts			5. Repair & Maintenance	17,55,985	15,88,683
1. Tender Fees	7,615	23,545	6. Printing & stationery	4,52,453	4,22,314
2. Ph. D Fee	79,600	80,750	7. Outsourcing/CMCs/AMCs general	1,42,63,379	1,19,33,364
3. RTI Fee	30	-	8. Fees & Honorarium	5,98,479	4,38,065
4. Overhead income from extra mural projects	4,09,763	8,35,648	9. Electricity & Water charges	1,00,96,435	77,39,366
5. Income from Sample analysis	1,30,511	30,331	10. Workshop/Seminar Expenses	1,99,300	2,13,269
6. Rental Income	67,353	6,19,370	11. Vehicles Running & maintenance	2,33,512	1,43,728
7. Training Fee	5,08,361	1,50,850	12. Watch & Ward Expenses	17,11,286	16,24,786
8. Income From Consultancy Services	-	42,384	(c) Research and Development Expenditure		
9. Application Fee	12,540	53,740	1. Chemical & Consumables	2,05,95,503	1,46,26,905
10. LD Charges	9,85,099	7,082	2. Fellowships & Stipend	77,55,641	71,90,551
11. Others (Misc)	1,22,334	9,57,359	3. Computer Software & Accessories	20,40,610	12,85,581
12. Staff Welfare fund	74,129	1,67,859	4. Patent Filing Fee	8,02,633	9,19,046
13. TDS refund received from IT Dept		27,016	5. Research Publication Expenses	2,04,573	30,140
15. Receivable from debtors		40,27,080	6. Recognition fee & Membership fee	6,24,037	6,15,053
16. Interest received	21,75,833	50,72,261	II. Expenditure on Fixed Assets & Capital Work-in-Progress		
17. External projects and fellowships (Including interest earned)	2,15,34,199	1,84,28,240	(a) Purchase of Fixed Assets		
18. Security deposits received	3,89,842		1. Scientific Equipments & Accessories	2,89,60,080	6,52,38,988
			2. Computers and Peripherals	11,43,815	3,03,981
			3. Office Equipments	18,408	3,20,780
			4. Office & Guest House Furniture	11,57,681	16,92,213
			(b) Expenditure on Main Campus Building		
			1. Development of main campus	24,08,777	29,60,863
			III. Other Project Payments		
			1. External projects and fellowships	2,00,23,289	2,95,94,690
			IV. Other Payments		
			1. Interest refunded to CFI	50,20,994	57,22,190
			2. TDS refund receivable	1,73,208	
			3. Earnest Money Deposits	3,60,000	12,36,000
			4. Security Deposits		1,27,592
			5. Consumption deposit with PSPCL	1,57,444	
			6. Advance to NICSI	11,12,004	
			V. Closing Balance		
			a) Cash in Hand		
			b) Bank Balances		
			i) In Current Accounts		
			ii) In Deposit Accounts	4,08,99,769	10,47,56,566
			iii) In Savings Accounts	2,14,87,773	67,90,729
Grand Total	21,94,92,784	29,31,61,704	Grand Total	21,94,92,784	29,31,61,704

(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER
Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

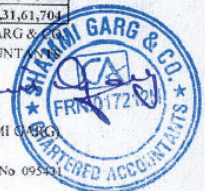
(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

अनिल धनखर / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्नेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वयंसेवक संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्नेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG &
CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 09524



**FORM OF FINANCIAL STATEMENTS (NON-PROFIT ORGANISATIONS)
CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING
(FORMERLY BIOPROCESSING UNIT)**

Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali

SCHEDULES FORMING PART OF BALANCE SHEET AS AT 31.03.2022

**SCHEDULE-1
CORPUS/CAPITAL FUND**

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
Balance as at the beginning of the year	58,13,99,807	57,84,30,193
Add : Contributions towards corpus/capital fund	2,24,22,763	3,00,00,000
Add : Fixed Assets Created out of Project Grants		1,43,21,236
Add : Gratuity & LE transferred to LIC		14,70,000
Less/(Deduct) : balance of net expenses transferred from the income & expenditure a/c	-9,47,62,760	-4,28,21,622
BALANCE AS AT THE YEAR -END	50,90,59,810	58,13,99,807

**SCHEDULE-2
RESERVES AND SURPLUS**

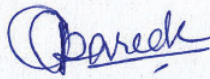
Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1.Capital Reserves: Land provided by Punjab Govt.	1	1
2.Revaluation Reserve	-	-
3.Special Reserve	-	-
4.General Reserve		
4. Unspent Govt. Grant		
As per last Account		
Add: Addition during the year	-	-
Less: Payable to Govt. (Trasferred to Schedule-7)		
TOTAL	1	1



(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

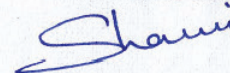
अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS



(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431



SCHEDULE 01- EARMARKED FUNDING/PROJECT GRANTS

Sr. No.	Project Name	Addition		TOTAL (a+b)	9) Capital Expenditure	Fellowships	Chemicals & Consumables	Utilisation/Expenditure			Total Expenses	Net Balance as on 31.03.2022
		a) Opening balance as on 01.04.2021	b) Additions during the Year					Cost of Hardware, Equipment, ETC/DEPRECIATION	Overhead Exp.	Retaind		
1	Development and Dissemination of Technologies for Insect and Disease Management and Use of Transgenic Insect (G.D.2025)	15,633	-	15,633	-	-	-	-	-	-	-	15,633
2	Transformation of agro-industrial waste into domain-specific bioproducts for health and nutraceutical applications (G.D.19-21)	12,902	2,34,088	2,46,990	49,138	31,000	1,62,805	2,047	-	1,97,852	2,46,990	-
3	Optimization of biomass to produce value-added products (G.D.19-21)	33,463	13,55,859	13,89,322	-	-	-	-	-	-	13,89,322	-
4	Development of Optimisation of Food Protein Supply Value Addition (G.D.19-21)	8,01,045	7,129	8,08,174	-	-	-	-	-	-	8,08,174	-
5	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,77,408	-	4,77,408	-	-	23,851	-	-	-	4,77,408	-
6	Setting up of Secondary Antibiotic Food Processing Unit (G.D.19-21)	16,91,128	-	16,91,128	-	20,968	2,32,454	-	-	-	16,91,128	-
7	Setting up of Rural Biotech Innovation and Application Centre (RBIAC) in Band Area of Punjab (G.D.19-21)	42,46,068	5,20,867	47,66,935	-	2,29,867	-	6,481	3,60,103	-	5,96,451	47,66,935
8	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	40,154	-	40,154	-	-	32,000	60,154	-	-	40,154	-
9	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,07,122	-	4,07,122	-	22,66,024	32,000	-	-	-	40,154	-
10	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,13,743	14,07,229	18,20,972	-	3,33,280	37,623	95,552	17,998	-	28,55,975	3,33,280
11	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	9,97,885	-	9,97,885	-	6,72,000	1,13,612	4,480	-	-	4,84,423	1,13,612
12	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	39,72,196	-	39,72,196	-	8,64,000	3,000	-	1,30,912	27,057	8,13,940	1,30,912
13	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	5,40,000	7,00,000	12,40,000	-	2,00,000	38,943	-	-	-	2,38,943	12,40,000
14	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	3,50,481	11,52,640	15,03,121	-	18,000	99,026	-	-	-	1,17,026	15,03,121
15	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,31,108	43,50,400	47,81,508	-	-	-	-	-	-	47,81,508	-
16	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	5,40,000	10,000	5,50,000	-	-	50,727	4,720	-	-	55,447	5,50,000
17	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	3,50,481	50,000	4,00,481	-	15,000	1,74,156	1,63,666	4,719	-	4,00,481	-
18	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,31,108	2,46,682	6,77,790	-	1,10,990	3,81,424	2,69,066	-	-	7,00,790	-
19	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	3,64,933	3,13,662	6,78,595	-	1,09,000	5,69,595	-	-	-	6,78,595	-
20	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	22,67,895	-	22,67,895	6,10,613	4,49,011	1,77,209	-	-	-	6,26,810	16,41,085
21	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	8,87,686	19,55,900	28,43,586	-	18,60,727	1,49,139	-	-	-	21,93,177	6,49,409
22	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	8,87,686	50,000	9,37,686	-	-	-	-	-	-	9,37,686	-
23	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	1,77,240	1,77,240	3,54,480	-	8,871	5,76,545	-	-	-	6,13,896	3,54,480
24	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	80,035	4,36,210	4,76,245	-	5,03,124	29,138	-	-	-	5,32,262	-
25	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	8,04,418	20,000	8,24,418	-	7,13,101	1,11,317	-	-	-	8,24,418	-
26	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	-	9,19,052	9,19,052	-	7,77,692	-	-	-	-	9,19,052	-
27	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	15,24,000	-	15,24,000	-	-	-	-	-	-	15,24,000	-
28	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	4,2718	1,34,659	1,38,930	-	4,60,000	-	-	-	-	1,38,930	-
29	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	3,15,760	2,13,07,678	2,16,23,438	6,59,751	96,65,942	22,45,614	5,89,602	4,11,822	-	1,06,68,040	2,16,23,438
30	Optimization of Microbial Production of Bioactive Compounds for the Production of Antibiotics and Nutraceuticals (G.D.19-21)	1,36,12,625	-	1,36,12,625	-	-	-	-	-	-	1,36,12,625	-
Total												

Dr. Ashwani Pareek
 CHIEF EXECUTIVE OFFICER
 (GATEWAY TO KNOWLEDGE)
 DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVT. OF INDIA
 SECTOR-81 (Noida)

Dr. Anil Dhankhar
 CHIEF FINANCE OFFICER
 (GATEWAY TO KNOWLEDGE)
 DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY, GOVT. OF INDIA
 SECTOR-81 (Noida)

Dr. Anil Dhankhar / Anil Dhankhar
 Chief Executive Officer / Finance Officer
 Centre of Innovative and Applied Bioprocessing
 Department of Biotechnology, Govt. of India
 Sector-81 (Noida)


SCHEDULE-4
SECURED LOANS & BORROWINGS

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Central Government	-	-
2. State Government(specify)	-	-
3. Financial Institutions	-	-
4. Banks	-	-
5. Other Institutions & agencies	-	-
6. Debentures & bonds	-	-
7. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-


SCHEDULE-5
UNSECURED LOANS & BORROWINGS

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Central Government	-	-
2. State Government(specify)	-	-
3. Financial Institutions	-	-
4. Banks:	-	-
5. Other Institutions & agencies	-	-
6. Debentures & bonds	-	-
7. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-


(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS


(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431



Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखड / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India


SCHEDULE-6
DEFERRED CREDIT LIABILITIES

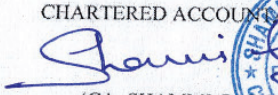
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Acceptances secured by hypothecation of capital equipment		-
2. Others		-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-7
CURRENT LIABILITIES & PROVISIONS

Particulars	Current Year	Previous Year
A) CURRENT LIABILITIES		
1. Sundry Creditors		
a) For Goods/Services	2,39,38,578	46,76,966
b) For Securities	6,17,468	2,27,626
c) Earnest Money Deposit	2,08,000	5,68,000
d) Caution Money deposited by students	25,000	25,000
e) Staff Welfare fund	3,10,877	2,36,748
2. Interest accrued but not due on:		
a) Secured Loans/Borrowings		
b) Unsecured Loans/Borrowings		
3. Statutory Liabilities		
a) TDS Payable	6,44,175	2,61,459
b) GST Payable	1,73,870	67,752
b) Punjab Development Tax	3,600	3,000
4. Other Current Liabilities		
a) Manpower (Salary/fellowships) Payable	29,56,789	22,06,331
i) NPS contribution	4,51,669	2,79,606
b) Other Expenses Payable		-
c) Interest refundable to CFI	20,13,465	50,20,904
d) PM Cares Fund	-	12,258
TOTAL(A)	3,13,43,491	1,35,85,650
B) PROVISIONS		
1. Gratuity	82,73,863	56,82,863
2. Leave Encashment	59,23,283	50,04,533
TOTAL(B)	1,41,97,146	1,06,87,396
C) Amount transferred from General Reserve- Opening Balance		
D) Surplus being payable to Government - Opening Balance	-	-
Less- Loss of current year		
TOTAL(A+B)	4,55,40,637	2,42,73,046


(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431

Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखड / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

SCHEDULE-8
FIXED ASSETS

Sl. No.	Description	Depreciation Rate	GROSS BLOCK				DEPRECIATION		NET BLOCK		
			Cost/ Valuation as at beginning of the year	Additions during the year	Additions during the year	Deduction during the year	Cost/ Valuation at the year end	As at the beginning of the year	Depreciation during the year	Total at the year end	As at the Current Year End
A	Fixed Assets Procured from Govt. Grants		1,04,21	UPTO 30.09.21	AFTER 30.09.21	2021-22	1,84,21	31.03.22	31.03.22	31.03.22	31.03.21
I	LAND										
	a) Free Hold	0%									
	b) Lease Hold	0%									
II	BUILDINGS										
	a) On Freehold Land	10%	44,49,27,271		24,08,777		44,73,36,048	17,62,93,025	2,99,83,071	17,62,93,025	29,86,16,317
	b) On Leasehold Land	10%									
	c) Ownership Premises	10%									
	d) Other Superstructures	10%									
III	PLANT, MACHINERY & EQUIPMENT										
	Equipments	15%	22,26,38,899	1,68,21,822	1,63,82,528		25,58,43,249	7,82,93,037	2,54,03,842	10,36,96,879	14,43,45,862
IV	Vehicles	15%									
			17,37,666								
V	Furniture & Fixtures	10%	1,81,44,170	4,46,576	2,11,105		17,37,666	10,39,835	1,04,674	11,44,516	5,93,156
VI	Computers/Peripherals	40%	1,10,98,184	84,491	10,70,324		1,93,01,801	63,08,934	12,63,731	75,72,665	1,18,35,186
	Library Books	40%	5,94,473				1,22,41,999	91,38,953	10,25,334	1,01,64,307	19,59,231
VIII	Office Equipments	10%	16,97,571				5,94,473	5,14,660	32,165	5,46,225	80,413
			70,08,38,185				17,18,929	4,65,696	1,24,308	5,88,094	12,33,872
	TOTAL OF CURRENT YEAR (A)			1,73,22,889	2,06,00,142		33,87,11,216	24,20,99,609	5,79,26,146	30,00,05,615	45,87,68,716
B	Fixed Asset Created from Projects Grants:										
	Equipments	15%	4,41,55,739				4,41,55,739	1,16,97,421	48,68,740	1,65,69,214	3,24,38,205
	Furniture & Fixtures	10%						4,65,696		5,88,094	
	Computers/Peripherals	40%	18,708				18,768	14,714	1,622	16,336	4,651
	Library Books	40%	20,780				20,780	16,291	1,796	18,087	2,693
	Office Equipments	10%									
	TOTAL OF FIXED ASSETS PROCURED FROM PROJECTS (B)		4,41,55,737				4,41,55,737	1,17,28,479	48,71,158	1,66,09,637	3,24,66,808
	TOTAL (A+B)		74,50,33,472	1,73,22,889	2,06,00,142		78,79,66,593	25,37,97,248	6,28,08,204	31,66,96,252	49,12,35,524
IX	PREVIOUS YEAR										
	(i) Expenditure on Asset/Fixed Assets										
	(ii) Expenditure on P.M. Activities										
	TOTAL OF PREVIOUS YEAR										
X	CAPITAL WORK-IN-PROGRESS										
	(a) Main Campus At Sec-81										
	(i) Equipment		83,54,731		1,53,21,139		2,36,75,870			2,36,75,870	83,54,731
	TOTAL OF CURRENT YEAR (C+D) (E)		83,54,731	1,53,21,139			2,36,75,870			2,36,75,870	83,54,731
	TOTAL (A+B)		75,33,88,203	1,73,22,889	3,59,21,281		80,66,42,373	18,95,45,876	6,28,08,204	31,66,96,252	49,00,26,121



For SHAWNI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS
PARTNER
Membership No. 095431

(Signature)
(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India

सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

(Signature)
(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER
Date: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखड / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्था
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

SCHEDULE-9
INVESTMENTS FROM EARMARKED/ENDOWMENT FUNDS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. In Government Securities	-	-
2. Other approved securities	-	-
3. Shares	-	-
4. Debentures & Bonds	-	-
5. Subsidiaries & Joint Ventures	-	-
6. Others (to be specified)	-	-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-10
OTHER INVESTMENTS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. In Government Securities	-	-
2. Other approved securities	-	-
3. Shares	-	-
4. Debentures & Bonds	-	-
5. Subsidiaries & Joint Ventures	-	-
6. Others(to be specified)	-	-
TOTAL	-	-



(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

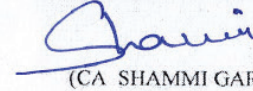
अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर- 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर- 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS



(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431



SCHEDULE-11
CURRENT ASSETS, LOANS & ADVANCES

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
A) CURRENT ASSETS		
1. Inventories	-	-
a) Stores & Spares	-	-
b) Loose Tools	-	-
c) Stock-in-trade	-	-
2. Sundry Debtors		
3. Cash balances in hand	-	-
4. LIC Group Gratuity Scheme	1,08,64,945	68,89,834
5. LIC Group Leave Encashment Scheme	1,03,35,045	63,96,166
6. Bank balances:	-	
a) With Scheduled Banks:		
-On Current accounts	-	-
-On Fixed Deposit accounts	4,08,99,769	10,47,56,566
-On Savings accounts		
(i) State Bank of India A/c	2,14,87,773	67,90,729
TOTAL(A)	8,35,87,532	12,48,33,295
B) LOANS, ADVANCES AND OTHER ASSETS		
1. Loans	-	-
2. Advances and other amounts recoverable in cash or in kind or for value to be received:		
a) On Capital Account	-	-
b) Security for Gas cylinders	16,000	16,000
c) Consumption deposit with PSPCL	1,57,444	
d) Recoupable form Govt. Agencies		
e) Advance to Employees for Official Purpose		1,48,390
f) Others(specify)		
(i) TDS Receivable	3,10,375	1,37,167
(ii) M/s Eurofins Genomics	1,690	1,690
(iii) National Informatic Center Service Inc.	11,12,004	-
(iv) Reliance Industries Limited	1,55,886	-
(v) M/s Enzyme Biosciences Pvt. Ltd.	-	9,794
3. Income accrued:		
a) on investments from earmarked/endowment funds		
b) on Investments		
c) on loans & advances		
d) on Fixed Deposits with bank	1,01,361	5,48,888
e) on Savings Bank Account		
4. Claims Receivable	-	-
TOTAL(B)	18,54,760	8,61,929
TOTAL(A+B)	8,54,42,292	12,56,95,224

(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431

Dated: 18/08/2022

Place: Mohali

अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar

वित्त अधिकारी / Finance Officer

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India
10 of 19

SCHEDULE-12
INCOME FROM SALES/SERVICES

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. Income from sales		
2. Income from services	-	-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-13
GRANTS/SUBSIDIES

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
(Irrevocable Grants & subsidies received)		
1. Central Government	5,90,25,517	9,00,00,000
Less: Unspent grant transferred to General Reserve		
2. State Government	-	-
3. Government Agencies	-	-
4. Institutional /welfare bodies	-	-
5. International Organisations	-	-
6. Others (to be specified)	-	-
TOTAL	5,90,25,517	9,00,00,000

SCHEDULE-14
FEES/SUBSCRIPTIONS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. Entrance Fees	-	-
2. Annual Fees / subscriptions	-	-
3. Seminar/program fees	-	-
4. Consultancy fees	-	-
5. Others	-	-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-15
INCOME FROM INVESTMENTS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. Interest	-	-
a) On Govt. securities		
b) Other Bonds/Debentures		
2. Dividends:	-	-
a) On shares		
b) On Mutual Fund securities		
3. Rents	-	-
4. Others (specify)	-	-
TOTAL	-	-



(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखर / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वयत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS



(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431

SCHEDULE-16
INCOME FROM ROYALTY/PUBLICATIONS. ETC.

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Income from Royalty	-	-
2. Income from Publications	-	-
3. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-


SCHEDULE-17
INTEREST EARNED

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. On Term Deposits		
a) With Scheduled Banks (including accrued interest):		
(i) Actual Received	12,84,335	34,30,539
(ii) Accrued as on 31st March	1,01,361	5,48,888
b) With Non-Scheduled Banks:		
2. On Savings Accounts:		
a) With Scheduled Banks:	2,33,728	2,06,298
b) With Non-Scheduled Banks:		
c) Post Office Savings Account		
d) Others		
3. On Loans/Advances		
a) Employees/staff	1,471	
b) Interest on Mobilisation Advance		
4) Interest on Debtors & other Receivables		
a) Interest on refund of Income Tax		39,817
b) Interest on Leave encashment scheme with LIC	1,07,411	
TOTAL	17,28,306	42,25,542


(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

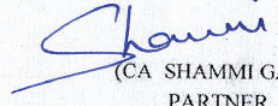
Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS


(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431



SCHEDULE-18
OTHER INCOME


(Amount in Rs.)

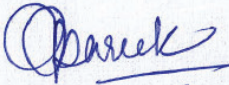
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Profit on sale/disposal of assets	-	-
2. Export Incentives realized	-	-
3. Fee for Miscellaneous Services	-	-
4. Miscellaneous Income		
a) Tender Fees	7,615	23,275
b) Ph. D Fee	79,600	80,750
c) RTI Fee	30	-
d) Overhead income from extra mural projects	4,09,763	8,35,648
e) Income from Sample analysis	1,30,511	29,719
f) Rental Income	67,353	5,30,536
g) Training Fee	5,08,361	1,47,250
h) Income From Consultancy Services	-	42,384
i) Application Fee	12,540	53,002
j) LD Charges	9,85,099	7,082
k) Others (Misc.)	1,22,334	9,57,359
TOTAL	23,23,206	27,07,005

SCHEDULE-19
INCREASE/(DECREASE) IN STOCK OF FINISHED GOODS & WORK IN PROGRESS

(Amount in Rs.)

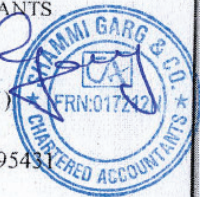
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Closing Stock	-	-
a) Finished Goods	-	-
b) Work-in-progress	-	-
2) Less: Opening stock	-	-
a) Finished Goods	-	-
b) Work-in-progress	-	-
NET INCREASE/(DECREASE)(1-2)	-	-


(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS


(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431



Dated: 18/08/2022
Place: Mohali

अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

SCHEDULE-20
ESTABLISHMENT EXPENSES


Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Manpower Salaries, Wages and Allowances	2,97,15,735	2,04,08,957
2. Provision for Gratuity and leave encashment	-	-
TOTAL	2,97,15,735	2,04,08,957

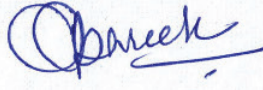
SCHEDULE-21
OTHER ADMINISTRATIVE EXPENSES ETC.

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Travelling & conveyance expenses	2,31,629	66,897
2. Postage, Telephone & communication charges	5,14,266	3,04,346
3. Office & Admn Expenses	9,83,163	5,77,873
4. Advt. & publicity	1,88,189	13,67,205
5. Repair & Maintenance	17,58,299	16,64,080
6. Printing & stationery	4,52,453	4,22,314
7. Outsourcing/ CMCs/AMCs General	1,42,63,379	1,09,00,518
8. Fees & Honorarium	5,99,279	4,38,065
9. Electricity & Water charges	1,00,96,435	77,39,366
10. Workshop/Seminar Expenses	1,99,300	2,13,269
11. Vehicles Running & maintenance	2,33,512	1,43,728
12. Watch & Ward Expenses	17,11,286	16,24,786
13. Interest earned refundable to CFI	20,13,465	50,20,904
TOTAL	3,32,44,655	3,04,83,351

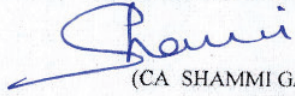
SCHEDULE-21 A
RESEARCH & DEVELOPMENT EXPENDITURE (INCL. GRANTS AND SUBSIDIES ETC.)

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. Chemical & Consumables	2,06,05,297	1,45,69,418
2. Fellowships & Stipend	77,78,041	71,90,551
3. Computer Software & Accessories	20,40,610	12,85,581
4. Patent Filing Fee	8,18,537	9,19,046
5. Research Publication Expenses	2,04,573	30,140
6. Recognition fee & Membership fee	6,24,037	6,15,053
TOTAL	3,20,71,095	2,46,09,789


(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS


(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431



Dated: 18/08/2022

Place: Mohali

अनिल धनखंड / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

SCHEDULE-22
EXPENDITURE ON GRANTS, SUBSIDIES ETC.

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
(a) Grants given to Institutions/Organisations		
(b) Subsidies given to Institutions/Organisations		
TOTAL	-	-

SCHEDULE-23
INTEREST

Particulars	(Amount in Rs.)	
	Current Year	Previous Year
1. On Fixed loans	-	-
2. On other loans	-	-
3. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-



(ANIL DHANKHAR)
FINANCE OFFICER

Dated: 18/08/2022

Place: Mohali

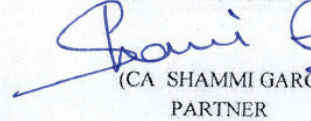
अनिल धनखड / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

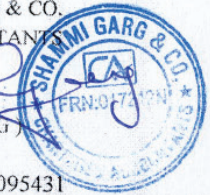
प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS



(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431



FORM OF FINANCIAL STATEMENTS
CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING
 Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali.

SCHEDULE 24

SIGNIFICANT ACCOUNTING POLICIES

A) ACCOUNTING CONVENTION

The Financial Statements are prepared on the basis of historical cost convention, unless otherwise stated and generally on the Accrual method of accounting as per the Common Format of Accounting for all Central Autonomous Bodies.

B) INVENTORY VALUATION

Expenditure on purchase of chemicals, consumables, publications, stationery and other stores are accounted for as revenue expenditure, immediately on purchase of these items. There is no closing stock as on 31st March 2022 for above mentioned items.

C) INVESTMENTS

There are no investments other than fixed deposits in the bank. No brokerage or other expenses have been incurred in making such investments.

D) FIXED ASSETS

Fixed assets are created out of grants received from DBT and valued at cost of acquisition inclusive of inward freight, duties and taxes and incidental and direct expenses related to acquisition. As per the advice of the audit, the Fixed Assets created out of the external funded projects/fellowships have also been taken at cost of acquisition inclusive of inward freight, duties and taxes and incidental and direct expenses related to acquisition for each article. The Land which is allotted free of cost by Govt. of Punjab for setting up of CIAB has been taken at nominal value of Re. 1.

E) DEPRECIATION

Depreciation on fixed assets including fixed assets created out of projects have been charged as per the rate prescribed in the Income Tax Act-1961 on written down value method. The depreciation on fixed assets created out of project has been charged from the date of its acquisition, during the year 2021-22.

F) MISCELLANEOUS EXPENDITURE

There is no deferred revenue expenditure during 2021-22.

G) ACCOUNTING FOR SALES

Being an Institution there is no sales during the year under consideration.

16 of 19



H) GOVERNMENT GRANTS/ SUBSIDIES

As the Institute is funded by the Department of Biotechnology, Ministry of Science and Technology, (Govt. of India) and the grants are treated as irrevocable, the same has been accounted for on sanction and receipt basis. During the FY 2021-22, recurring grants amounting to Rs. 5,90,25,517/- has been received for the purpose as shown in schedule-13. Non-recurring Grants amounting to Rs.2,24,22,763/- have been shown as addition to Corpus/ Capital Fund (schedule-I).

Interest earned on Govt. Grant amounting to Rs. 20,13,465/- has been shown as payable to Govt. (Schedule 7) in Compliance to Rule 230 (8) of General Financial Rules 2017.

I) Expenses payable up to 31st March, 2022 pertaining to FY 2021-22, have been shown under expenses payable (schedule-7). Any expenditure which has not been claimed or for which bill has not been received pertaining to any expenditure relevant to the FY 2021-22, the same will be accounted for in the year of claim.

J) FOREIGN CURRENCY TRANSACTIONS

Foreign Currency Transactions are accounted for at the rate of exchange prevailing on the dates of such transactions. Assets and Consumables acquired against foreign currency are recorded at the amount actually paid on their import.

K) RETIREMENT BENEFITS

The Institute is covered under New Pension Scheme of Government of India and is registered with the agency approved by Ministry of Finance. Institute is regularly depositing the monthly pension contribution (both employee and employer share) with appropriate authority. Provision for Gratuity and leave encashment of Rs. 1,41,97,146/- (Schedule-7) has been made in the books of accounts.

For Center of Innovative & Applied Bioprocessing



Finance Officer

Dated: 31/08/2022

Place: Mohali

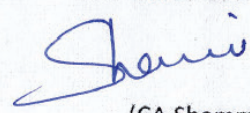
अनिल धनखड़ / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



Chief Executive Officer

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

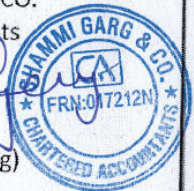
For SHAMMI GARG & CO.
Chartered Accountants



(CA Shammi Garg)

Partner

Membership No.095431



FORM OF FINANCIAL STATEMENTS

CENTER OF INNOVATIVE & APPLIED BIOPROCESSING

Knowledge City, Sector 81, PO Manauli, SAS Nagar, Mohali

SCHEDULE 25

NOTES ON ACCOUNTS

The financial statement of accounts is prepared in three parts (i) The Balance Sheet, (ii) Income & Expenditure Account and (iii) Receipt & Payment Account.

1. Receipt and Payment Accounts

The Receipt & Payment Account carries the figures of actual receipts & actual payments of the Institute during the financial year 2021-22. It is virtually a copy of Cash Book/Institute's accounts. The total receipt as shown in Receipt & Payment Account comes to Rs.10,79,45,489/-, which include Rs.8,14,48,280/- received as recurring and non-recurring grants from DBT, grant of Rs. 2,15,34,199/- for externally funded projects and Rs.49,63,010/- from other receipts. Total amount of Rs.15,71,05,242/- has been released as payments during the year.

2. The Income and Expenditure Account

The Income and Expenditure account is prepared on accrual basis. The total income is Rs.6,30,77,029/- which includes Recurring Grant from DBT, Interest earned and Other Resources.

Total expenditure (before depreciation) comes to Rs.9,50,31,485/-, which also includes Rs.20,13,165/- of interest earned on Grants, which is refundable to Govt., and depreciation of Rs.6,28,08,304/- has been charged in the current FY 2021-22. Further the amount of Rs.9,47,62,760/- being the excess of expenses over income has been transferred to Corpus/Capital Fund (Schedule-I).

3. Fixed Assets

Fixed assets are created from grant from Department of Biotechnology, Govt. of India and valued at cost of acquisition inclusive of inward freight, duties and taxes and incidental and direct expenses related to acquisition and shown in Schedule-8.

Fixed Assets created out of the external funded projects/fellowships have been booked under the head "Fixed Asset Created from Projects Grants" (Schedule 8) and credited the corresponding accounting head "Corpus/Capital Fund".

4. Depreciation

Depreciation on fixed assets including fixed assets created out of projects have been charged as per the rate prescribed in the Income Tax Act-1961 on written down value method. The depreciation on fixed assets created out of project has been charged from the date of its acquisition during the year 2021-22.

5. Current Assets, Loans and Advances

In the opinion of the management the current assets, loans & advances of the Institute have a realizable value in the ordinary course at least to the extent shown in the accounts and the provisions of liabilities are adequate.

18 of 19



6. Land

The Government of Punjab has provided approx. 15 acres of land in Knowledge City at Sector-81, Mohali to the Institute, free of cost, for setting up of CIAB Campus. Therefore, the cost CIAB land has been taken as nominal value of Re. 1 and corresponding accounting effect has been given in schedule-2.

7. Externally Aided Project

As on 31st March 2022, there is a balance of Rs. 2,08,77,965/- in the externally funded project accounts. The balance will be spent in accordance with the terms and conditions of the projects. An interest of Rs. 2,85,461/- has been credited to the externally funded projects as shown in Schedule 3.

8. Gratuity & Leave Encashment

- A Group Gratuity Scheme has been taken from Life Insurance Corporation of India (LIC). An amount of Rs. 1,08,64,945/- was computed towards liability for gratuity (Schedule-11) out of which an amount of Rs. 25,91,082/- has been paid to LIC upto the financial year 2021-22 and Rs.82,73,863/- has been shown as provision for gratuity (Schedule-7).
- A Group Leave Encashment Scheme has been taken from Life Insurance Corporation of India (LIC). An amount of Rs. 1,03,35,045/- was worked as liability for leave encashment (Schedule-11) out of which an amount of Rs. 1,07,411/- has been credited by LIC as interest and Rs. 43,04,351/- (including other charges) has been paid to LIC upto the financial year 2021-22, and Rs. 59,23,283/- has been shown as provision for leave encashment (Schedule-7).

9. Exemption u/s 35(i)(ii) of The Income Tax Act,1961

The institute has been granted exemption u/s 35(i)(ii) of the Income Tax Act,1961 in the Category of 'Scientific Research Association' vide notification no 07/2017 dated 31st January 2017.

10. There are no losses from casualties such as flood and fire.

11. Previous year figures have been re-grouped and rearranged where ever considered necessary to make them comparable with those of current year.

12. Government Grants have been recognized on the basis of sanctions issued by the Govt. of India.

For Center of Innovative & Applied Bioprocessing



Finance Officer

Dated: 31/08/2022

Place: Mohali

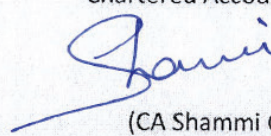


Chief Executive Officer

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India

19 of 19

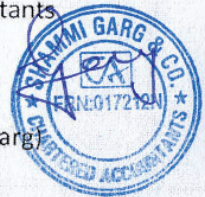
For SHAMMI GARG & CO.
Chartered Accountants



(CA Shammi Garg)

Partner

Membership No. 095431



अनिल धनखर / Anil Dhankhar
वित्त अधिकारी / Finance Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
(जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार के तहत एक स्वायत्त संस्थान)
(An Autonomous Institute under Department of Biotechnology, Govt. of India)
सेक्टर - 81 (नॉलेज सिटी) / Sector-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab), India



नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र

सेक्टर - 81, मोहाली, पंजाब 140306 भारत

CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING

Sector 81, Mohali, Punjab 140306 INDIA

Website: www.ciab.res.in; Tel. +91-172-5221-300