



सत्यमेव जयते

जैवप्रौद्योगिकी विभाग

भारत सरकार

DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY
Government of India

वार्षिक रिपोर्ट **ANNUAL REPORT**

2020-21



नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र

सेक्टर-81, मोहाली, पंजाब 140306 भारत

CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING

Sector 81, 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. शशिकुमार इलुमलाई
डॉ. जयता भौमिक
डॉ. सुधीर पी. सिंह
श्री सुखजिंदर सिंह

आभारार्ति:

वैज्ञानिक एवं प्रशासकीय कर्मचारीगण 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. Sasikumar Elumalai
Dr. Jayeeta Bhaumik
Dr. Sudhir P. Singh
Sh. Sukhjinder Singh

Acknowledgements:

Scientists & Administrative staff for providing suggestions and information

© 2020, 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।

© 2020, 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.

सूची Contents

S No.	Particulars	Page No.
1.	कार्यकारी निदेशक की कलम से From the Desk of Chief Executive Officer	04
2.	नाबी का लक्ष्य एवं उद्देश्य Vision and Mission of CIAB	08
3.	संस्थान का प्रबंधन Governance mechanism of CIAB	10
4.	मानव संसाधन Human Resource	25
5.	अनुसंधान प्रगति Research Progress	29
6.	शोध प्रकाशन Research Publications	119
7.	बाह्य अनुदान अनुदान Extramural Grants & Funding	125
8.	सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता Invited Talks by CIAB Faculty	125
9.	चित्र प्रदर्शनी Photo Gallery	131
10.	एकाउंट्स Accounts of the Institute	138

मुख्य कार्यकारी अधिकारी के डेस्क से

“बायोप्रोसेसिंग प्रौद्योगिकियों के माध्यम से कृषि-बायोमास के मूल्यांकन के लिए नवीन तरीकों की खोज करना”



हमारे देश की अर्थव्यवस्था काफी हद तक कृषि पर निर्भर करती है। हालांकि, कृषि के माध्यम से उत्पादित बड़े कृषि-बायोमास को संभालने के लिए हमारे पास व्यवस्थित दृष्टिकोण का अभाव है। प्राथमिक और द्वितीयक कृषि उपज बहुत अधिक बर्बाद हो जाती है। हाल ही में, मूल्यवर्धन के लिए ऐसे बायोमास को संभालने की ओर ध्यान दिया गया है। इस प्रयास में, सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी) नवीन तकनीकों द्वारा प्राथमिक और माध्यमिक कृषि उत्पादों के मूल्यवर्धन के लिए लगातार काम कर रहा है। सीआईएबी का फोकस 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 आर एंड डी कार्यक्रमों पर काम कर रहा है; (i) खाद्य उत्पादों के लिए प्राथमिक प्रसंस्करण अवशेषों/अपशिष्टों का मूल्यवर्धन, (ii) विशेष 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) कम मात्रा-उच्च मूल्य वाले उत्पादों और औद्योगिक एंजाइमों के लिए बायोसिंथेटिक प्रौद्योगिकी/सिंथेटिक जीव विज्ञान।

मुझे यह बताते हुए खुशी हो रही है कि रिपोर्टाधीन वर्ष के दौरान, सीआईएबी ने सात पेटेंट दायर किए हैं, पांच पेटेंट दिए गए हैं और उच्च प्रभाव वाली सहकर्मि समीक्षा पत्रिकाओं में चौंतीस शोध प्रकाशन प्रकाशित किए गए हैं। 2020-21 के दौरान, सीआईएबी ने अपनी प्रौद्योगिकी के लिए कई अभिरुचि प्राप्त की है और स्टार्टअप्स और उद्योगों के साथ गैर-प्रकटीकरण समझौतों पर हस्ताक्षर किए हैं।

वर्ष के दौरान कुछ प्रमुख शोध निष्कर्षों को संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है। बेसिलस एसपी का एक उपन्यास डी-ऑलुलोज 3-एपिमेरेज, विपुल गर्मी-स्थिरता और उच्च टर्नओवर संख्या को प्रदर्शित करता है, जिसे जैव रासायनिक रूप से डी-ऑल्यूलोज उत्पादन के लिए चित्रित किया गया है। एक नया शीत-सक्रिय प्रकार I पुलुलानेज को स्टार्च के विघटन के लिए चित्रित किया गया है, जो टाइप III प्रतिरोधी स्टार्च की तैयारी में उपयोगी है। सेल्यूलोज हाइड्रोलिसिस के लिए एक नया थर्मो-हेलो-टॉलरेंट GH5 एंडोग्लुकेनेस, डिजेंट और कार्बनिक विलायक के प्रतिरोध को प्रदर्शित करता है। एक नवीन β -ग्लूकोसिडेज की विशेषता देखी गई है जो ग्लूकोज और इथेनॉल के प्रति काफी सहिष्णुता के साथ β -ग्लूकोसिडेज और β -गैलेक्टोसिडेज गतिविधियों के दोहरे उत्प्रेरक कार्य को प्रदर्शित करता है। एक अतितापीय मोनो-कॉपर ऑक्सीडेज

को नवीन ऑक्सीकरण गतिविधि के लिए चित्रित किया गया है और लिग्निन डीपोलाइमराइजेशन की क्षमता को दिखाया गया है। उच्च मूल्य के दुर्लभ चीनी डी-टैगाटोज के संश्लेषण के लिए एक पुनः प्रयोज्य चुंबकीय क्रॉस-लिंकड एंजाइम समुच्चय को विकसित किया गया और विशेषता देखी गई है। सिंथेटिक जीव विज्ञान के मोर्चे में, काइमेरिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम जिसमें ज़ाइलानेज और डीएसेटाइलेज गतिविधि होती है, को एसिटिलेटेड ज़ाइलान में समृद्ध कृषि-बायोमास के हाइड्रोलिसिस के लिए विकसित किया गया और विशेषता दी गई है।

डेयरी मट्टा के साथ कॉर्न ग्लूटेन मील से एंटी-ऑक्सीडेंट प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट तैयार करने के लिए प्रक्रिया विकसित की गई है। आम के बीज की गिरी से प्राप्त संभावित कोकोआ मक्खन विकल्प की संभावना को प्रमाणित किया गया है। पीएमडी समृद्ध सिट्रोनेला तेल (>95% उपज) का उत्पादन करने के लिए एक सबस्ट्रेट के रूप में कम मूल्य के सिट्रोनेला आवश्यक तेल का उपयोग करने वाली एक तकनीक विकसित की गई है जिसका उपयोग मच्छर भगाने वाले कपड़े रोल बनाने में किया जाएगा। अक्षय फ़ीड स्टॉक के रूप में व्युत्पन्न बायोमास (क्लोरोमैथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) के ऑक्सीकरण द्वारा

एचएमएफ के उत्पादन के लिए एक अलग दृष्टिकोण का प्रदर्शन किया गया है।

मूल चावल के भूसे में वास्तविक सेल्यूलोज अंश (43%) की तुलना में चावल के भूसे से उच्च अंश (78% तक) के साथ सेल्यूलोज प्राप्त करने के लिए एक दो-चरणीय प्रक्रिया विकसित की गई है, जो ऑर्गैनोसोल-बेस उपचार पर आधारित है। चावल के भूसे से प्राप्त सेल्यूलोज के उत्प्रेरक रूपांतरण ने समान परिस्थितियों में मूल चावल के भूसे (45% ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड) की तुलना में ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड (60%) की अधिक उपज दी, जो चावल के भूसे से सिलिका को हटाने के महत्व को दर्शाता है। माइक्रोबायसाइडल और यूवी अवरोधन प्रदर्शन के लिए टाइटेनियम डाइऑक्साइड नैनोकम्पोजिट के साथ टिकाऊ लिग्निन-आधारित कोटिंग्स विकसित की गईं। लिग्निन-बाईमेटेलिक नैनोकॉन्जुगेट डोपड पीएच-रेस्पॉन्सिव हाइड्रोजेल को लेजर-असिस्टेड एंटीमाइक्रोबियल फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए विकसित किया गया था। इसके अलावा, प्रकाश सक्रिय करने योग्य लिग्निन नैनोस्फीयर आधारित स्फ़े को बायोइमेजिंग और फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए कोटिंग के रूप में तैयार किया गया था। चावल के भूसे से नैनोसेल्यूलोज तैयार करने के लिए अपस्केल प्रक्रिया विकसित की गई है।

संस्थान ने राष्ट्रीय महत्व के विभिन्न कार्यक्रमों जैसे राष्ट्रीय विज्ञान दिवस, राष्ट्रीय स्वच्छता दिवस, गणतंत्र दिवस, हिंदी पखवाड़ा, सतर्कता जागरूकता सप्ताह आदि को बड़े उत्साह के साथ मनाया। संस्थान ने राष्ट्रीय विज्ञान कांग्रेस और IISF-2020 में भी भाग लिया है। सीआईएबी ने हमारे देश की आजादी के 75 साल पूरे होने के उपलक्ष्य से तु ओपन डे कार्यक्रम के तहत नियमित व्याख्यान आध्यायन और संगोष्ठियों के लिए खुला दिन भी आयोजित किया। सीआईएबी ने खाद्य प्रसंस्करण में प्रौद्योगिकियों की प्रदर्शनी में भाग लिया और राष्ट्रीय विज्ञान दिवस मनाया।

मैं स्वास्थ्य और परिवार कल्याण, विज्ञान और प्रौद्योगिकी, और पृथ्वी विज्ञान के माननीय मंत्री डॉ. हर्षवर्धन जी को उनके महत्वपूर्ण और मूल्यवान इनपुट और कर्मचारियों को प्रेरित करने और संस्थान के विभिन्न अनुसंधान कार्यक्रमों में सुधार करने के लिए निरंतर समर्थन के लिए अपनी कृतज्ञता व्यक्त करना चाहता हूँ। उन्होंने मार्च, 2021 के महीने में संस्थान का दौरा किया और उपलब्धियों की सराहना की और कर्मचारियों और छात्रों को प्रेरित किया।

मैं डॉ. रेणु स्वरूप, सचिव, जैव प्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार) और अध्यक्ष, जीबी और जीबी के सभी सदस्यों को उनके विभिन्न अनुसंधान गतिविधियों को सही दिशा और आकार देने के लिए उनके बहुमूल्य सुझावों के लिए धन्यवाद और धन्यवाद

FROM THE DESK OF CHIEF EXECUTIVE OFFICER

"Exploring innovative ways for valorization of agro-biomass through bioprocessing technologies"



Economy of our country largely depends on agriculture. However, we lack in systematic approach of handling large agro-biomass produced through agriculture. Lot of primary and secondary agriculture produce is wasted. Recently, attention has been paid towards handling such biomass for value addition. In this effort, Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB) is continuously working for value addition to primary and secondary agriculture produce by innovative technologies. CIAB's 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) Nutritionals, 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.

I am happy to inform that during the year under report, CIAB has filed seven patents, five patents have been granted and published thirty-four research publications in high impact peer reviewed journals. During 2020-21, CIAB has received several expressions of interests for their technology and signed non-disclosure agreements with startups and industries.

Some of the key research findings during the year are presented in brief. A novel D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp., exhibiting profuse heat-stability and high turnover number, has been biochemically characterized for D-allulose production. A novel cold-active type I pullulanase has been characterized for debranching of starch, which is useful in the preparation of type III resistant starch. A novel thermo-halo-tolerant GH5 endoglucanase, exhibiting resistance to detergents and organic solvent, has been characterized for cellulose hydrolysis. A novel β -glucosidase has been characterized that displays the dual catalytic function of β -glucosidase and β -galactosidase activities, with considerable tolerance to glucose and ethanol. A hyperthermostable mono-copper oxidase has been characterized for the novel oxidation activity

and showed the potential for lignin depolymerization. A recyclable magnetic cross-linked enzyme aggregates for the synthesis of high value rare sugar d-tagatose has been developed and characterized. In synthetic biology front, chimeric bi-functional enzyme possessing xylanase and deacetylase activity has been developed and characterized for the hydrolysis of agro-biomass rich in acetylated xylan.

Process has been developed for the preparation of anti-oxidative protein hydrolysate from corn gluten meal with dairy whey. Possibility for the potential cocoa butter substitute derived from the mango seed kernel has been authenticated. A technology using low value citronella essential oil as a substrate to produce PMD enriched citronella oil (>95% yield) to be used in the making of mosquito repellent fabric roll on has been developed. A divergent approach for production of HMF by the oxidation of biomass derived (chloromethyl) furfural (CMF) as a renewable feed stock has been performed.

A two-step process for obtaining cellulose with a higher fraction (up to 78%) from rice straw than the actual cellulose fraction (43%) in the parent rice straw, based on organosolv-base treatment has been developed. Catalytic conversion of cellulose obtained from rice straw gave a higher yield of butyl glucoside (60%) than parent rice straw (45% butyl glucoside) under identical conditions, signifying the importance of removing silica from rice straw. Developed the sustainable lignin-based coatings doped with titanium dioxide nanocomposites for microbicidal and UV blocking performance. Lignin-bimetallic nanoconjugate doped pH-responsive hydrogels were developed for laser-assisted antimicrobial photodynamic therapy. Also, light activatable lignin nanosphere based spray was prepared as coating for bioimaging and photodynamic therapy. Upscale process for nanocellulose preparation from rice straw has been developed.

The institute 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-2020. CIAB has organized regular lectures under Science Setu Open day event to celebrate 75 years of Independence of our country. Lecture Institute also conducted open day for school and college students, public lectures, and seminars. CIAB participated in Exhibition of Technologies in Food Processing and celebrated national science day.

I would like to express my sincere gratitude to **Dr. Harsh Vardhan ji**, Honorable Minister of Health and family welfare, 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 has visited the institute in the month of March, 2021 and appreciated the achievements and motivated the staff and students.

I sincerely acknowledge and express my thanks to **Dr. Renu Swarup**, 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. V. Prakash, Chairman, Scientific Advisory

व्यक्त करता हूँ। संस्थान। मैं डॉ. वी. प्रकाश, 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 को विकसित करने में मदद की है और पहल के साथ-साथ संस्थान की अनुसंधान योजनाओं और गतिविधियों पर ध्यान केंद्रित किया।

मैं व्यक्तिगत रूप से श्री बी आनंद, वित्तीय सलाहकार और श्री सी.पी. गोयल, संयुक्त सचिव, डीबीटी से विभिन्न वित्तीय और प्रशासनिक मामलों में प्राप्त समर्थन और सहयोग को स्वीकार करता हूँ। मैं डॉ. मोहम्मद असलम, सलाहकार, डीबीटी और डॉ. ए. वामसी कृष्णा, वैज्ञानिक ई (खाद्य और पोषण), जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार को सभी गतिविधियां चलाने में उनके समर्थन और सहयोग के लिए अपना हार्दिक धन्यवाद देना चाहता हूँ। मैं प्रतिवेदन वर्ष के दौरान संस्थान के पूर्व सीईओ डॉ. रमेश वी. सोनी और डॉ. अमूल्य के पांडा के योगदान को स्वीकार करता हूँ।

मैं वास्तव में अपने वैज्ञानिकों, कर्मचारियों और छात्रों के प्रयासों और उपलब्धियों की सराहना करता हूँ जो वर्ष 2020-21 की इस वार्षिक रिपोर्ट में परिलक्षित होते हैं। डॉ. सुदेश कुमार, डॉ. शशिकुमार एलुमलाई, डॉ. जायता भौमिक, डॉ. सुधीर पी. सिंह और श्री सुखजिंदर सिंह 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 वृद्धि और विकास के लिए अपनी-अपनी भूमिकाओं और जिम्मेदारियों में ईमानदारी से काम किया है।

एस/डी-

प्रोफेसर अश्विनी पारीक

मुख्य कार्यकारी अधिकारी

सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (CIAB)

मोहाली, पंजाब

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 B. Anand, 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. Mohd. Aslam, Advisor, DBT and Dr. A. Vamsi Krishna, Scientist E (Food and Nutrition), Department of Biotechnology, Government of India for their support and cooperation in running all the activities of the institutes and providing a very strong link between DBT and the institute. I acknowledge the contribution of former CEOs of the institute during the report year Dr. Ramesh V. Sonti and Dr. Amulya K Panda.

I really appreciate the efforts and achievements of my scientists, staff and students that are reflected in this annual report for the year 2020-21. My special thanks are due to Dr. Sudesh Kumar, Dr. Sasikumar Elumalai, Dr. Jayeeta Bhau-mik, Dr. Sudhir P. Singh and Mr. Sukhjinder Singh 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 पोषित्व 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.

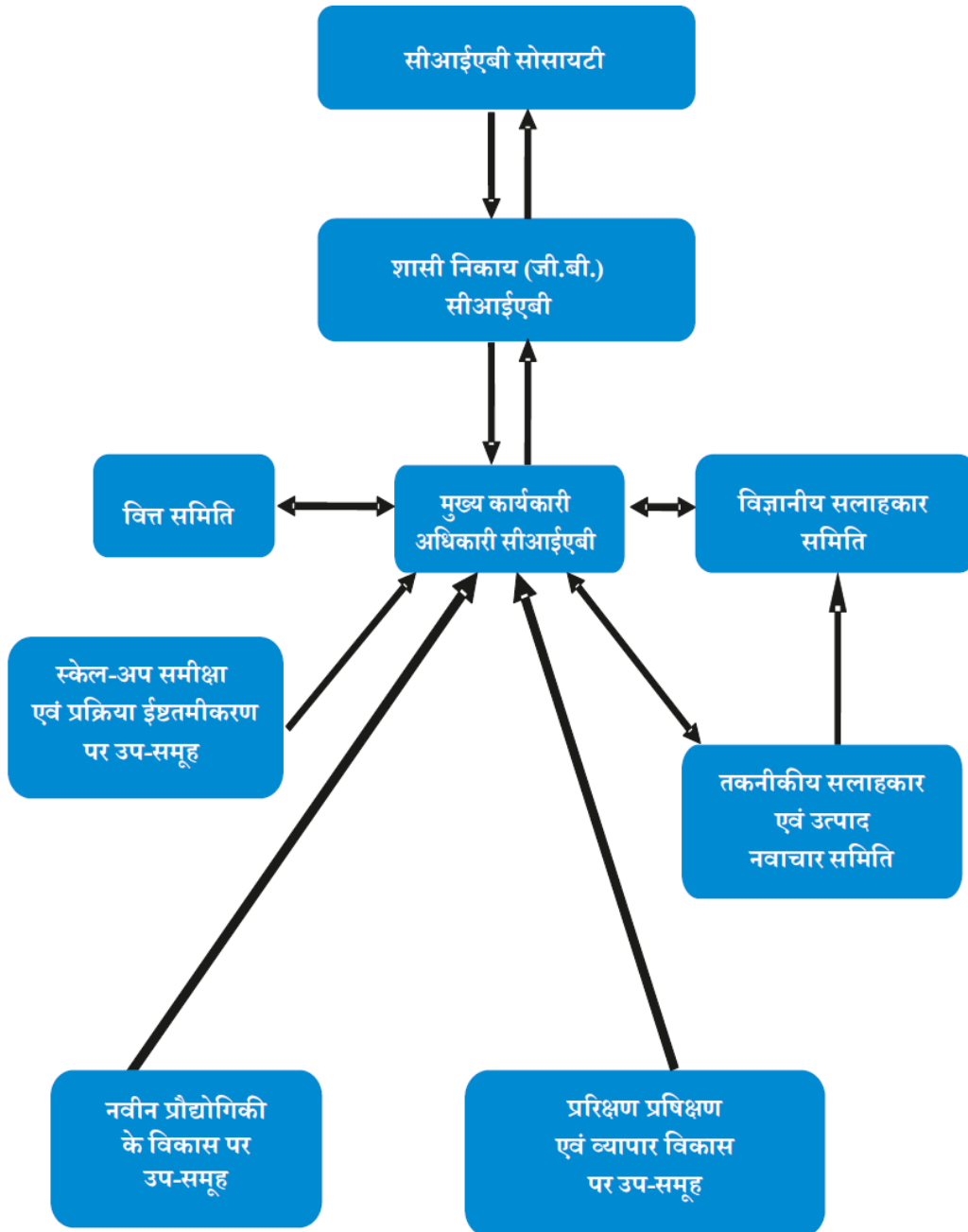
MISSION

- ◆ 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.

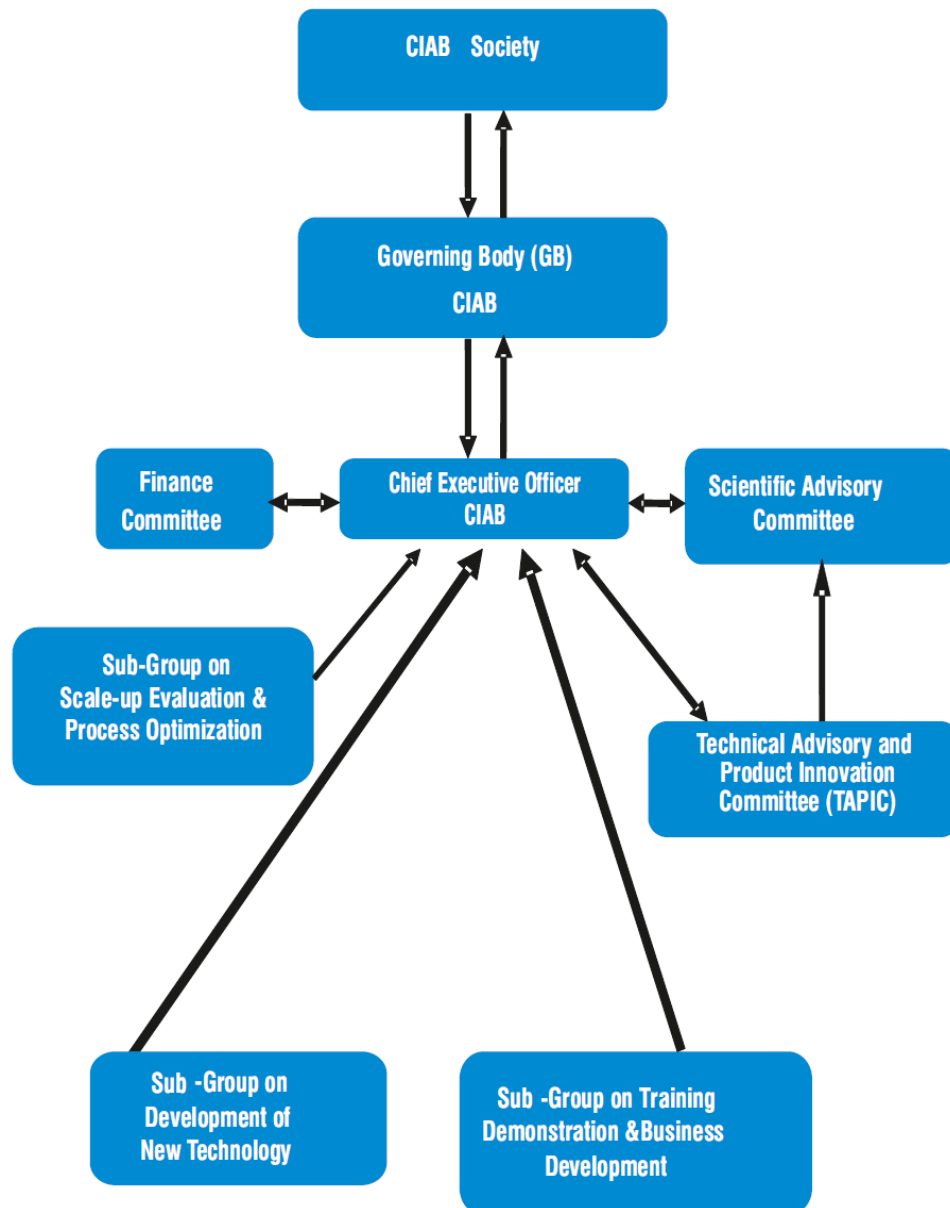
OBJECTIVES

- ◆ 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. हर्ष वर्धन
अध्यक्ष (पदेन)
माननीय केंद्रीय विज्ञान और प्रौद्योगिकी और पृथ्वी मंत्री
विज्ञान,
नई दिल्ली

डॉ. रेणु स्वरूप
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

डॉ. हेमलता री
सदस्य (एस-ऑफिस)
निदेशक,
राष्ट्रीय पोषण संस्थान
जमाई-उस्मानिया पीओ
हैदराबाद-500007

प्रो. जे. गौरीशंकर
सदस्य (पदेन)
निदेशक, आईआईएसईआर, मोहाली,
नॉलेज सिटी, सेक्टर 81,
एसएस नगर, मनौली पीओ 140306

डॉ. सुभ्रा चक्रवर्ती
सदस्य (पदेन)
निदेशक
नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ प्लांट जीनोम रिसर्च
अरुणा आसफ अली मार्ग, पी.ओ. बॉक्स नंबर 10531
नई दिल्ली - 110067

डॉ. दिनाकर एम. सालुंके
सदस्य (पदेन)
निदेशक
जेनेटिक इंजीनियरिंग और जैव प्रौद्योगिकी के लिए अंतर्राष्ट्रीय केंद्र
अरुणा आसफ अली मार्ग
नई दिल्ली - 110067

डॉ. संदीप सरीन
सदस्य (पदेन)
वैज्ञानिक-जी और सलाहकार,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
ब्लॉक -2, 6वीं-8वीं मंजिल, सीजीओ कॉम्प्लेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली-110003

प्रो. अश्विनी पारीक
सदस्य सचिव (पदेन)
मुख्य कार्यकारी अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार),
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी),
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी), पीओ-मनौली, एस.ए.एस नगर,
मोहाली-140306, (पंजाब)

SOCIETY OF CENTER OF INNOVATIVE AND APPLIED BIOPROCESSING (CIAB)

Dr. Harsh Vardhan

President (Ex-officio)
Hon'ble Union Minister of Science and Technology and Earth
Sciences,
New Delhi

Dr. Renu Swarup

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

Dr. Hemalatha R

Member (Ex-officio)
Director,
National Institute of Nutrition
Jamai-Osmania PO
Hyderabad-500007

Prof. J. Gowrishankar

Member (Ex-officio)
Director, IISER, Mohali,
Knowledge city, Sector 81,
SAS Nagar, Manauli PO 140306

Dr. Subhra Chakraborty

Member (Ex-officio)
Director
National Institute of Plant Genome Research
Aruna Asaf Ali Marg, P.O. Box No. 10531
New Delhi - 110067

Dr. Dinakar M. Salunke

Member (Ex-officio)
Director
International Centre for Genetic Engineering and Biotech-
nology
Aruna Asaf Ali Marg
New Delhi - 110067

Dr. Sundeep Sarin

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

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. रेणु स्वरूप
अध्यक्ष (पदेन)
सचिव,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

श्री. विश्वजीत सहाय
सदस्य (पदेन)
अपर सचिव एवं वित्तीय सलाहकार
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

श्री. सी. पी. गोयल
सदस्य (पदेन)
सह सचिव
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

डॉ. संदीप सरीन
सदस्य (पदेन)
वैज्ञानिक-जी और सलाहकार,
जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

प्रो. अश्विनी पारीक
सदस्य (पदेन)
कार्यकारी निदेशक,
राष्ट्रीय कृषि-खाद्य जैव प्रौद्योगिकी संस्थान (NABI),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

प्रो. जे. गौरीशंकर
सदस्य (पदेन)
निदेशक,
भारतीय विज्ञान शिक्षा और अनुसंधान संस्थान (IISER)
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

डॉ. एस. एस. हांडा
सदस्य
पूर्व निदेशक, सीएसआईआर-आईआईआईएम, जम्मू

डॉ. संजय नेने
सदस्य
पूर्व मुख्य वैज्ञानिक, सीएसआईआर-एनसीएल, पुणे

डॉ. वी. प्रकाश
सदस्य
पूर्व निदेशक, सीएसआईआर-सीएफटीआरआई,
मैसूर

डॉ. सी. के. कटियार
सदस्य
सीईओ हेल्थकेयर, इमामी लिमिटेड
कोलकाता

डॉ. सुदेश कुमार
सदस्य (घूर्णन के आधार पर)
वैज्ञानिक-एफ,
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

डॉ. एस. सरवनमुरुगन
सदस्य (घूर्णन के आधार पर)
वैज्ञानिक-ई,
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

प्रो. अश्विनी पारीक
सदस्य सचिव (पदेन)
मुख्य कार्यकारी अधिकारी,
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

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

Dr. Renu Swarup

Chairperson (Ex-officio)
Secretary,
Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Sh. Vishvajit Sahay

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

Sh. C. P. Goyal

Member (Ex-officio)
Joint Secretary
Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Dr. Sundeep Sarin

Member (Ex-officio)
Scientist-G & Advisor,
Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Prof. Ashwani Pareek

Member (Ex-officio)
Executive Director,
National Agri-Food Biotechnology Institute (NABI),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Prof. J. Gowrishankar

Member (Ex-officio)
Director,
Indian Institute of Science Education and Research (IISER)
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Dr. S. S. Handa

Member
Former Director, CSIR-IIIM, Jammu

Dr. Sanjay Nene

Member
Former Chief Scientist, CSIR-NCL, Pune

Dr. V. Prakash

Member
Former Director, CSIR-CFTRI,
Mysore

Dr. C. K. Katiyar

Member
CEO Healthcare, Emami Limited
Kolkata

Dr. Sudesh Kumar

Member (on rotational basis)
Scientist-F,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Dr. S. Saravanamurugan

Member (on rotational basis)
Scientist-E,
Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB),
Knowledge City, Sector-81, Mohali

Prof. Ashwani Pareek

Member Secretary (Ex-officio)
Chief Executive 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,
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी)
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

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

श्री. सुनील वर्मा
सदस्य सचिव (पदेन)
प्रबंधक (वित्त),
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (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

Dr. V. K. Addanki

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

Sh. Suneet Verma

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

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

डॉ. वी. प्रकाश

अध्यक्ष

पूर्व डायरेक्टर,
केंद्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी अनुसंधान संस्थान,
मैसूर

डॉ. ए. के. पांडा

सह-अध्यक्ष

निदेशक, राष्ट्रीय प्रतिरक्षा विज्ञान संस्थान,
अरुणा आसफ अली मार्ग, नई दिल्ली

डॉ. संदीप सरीन

सदस्य

वैज्ञानिक-जी और सलाहकार, जैव प्रौद्योगिकी विभाग
विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय,
सीजीओ कॉम्प्लेक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली

डॉ. डी. के. साहू

सदस्य

मुख्य वैज्ञानिक, माइक्रोबियल प्रौद्योगिकी संस्थान (IMTECH),
चंडीगढ़

डॉ. संजय कुमार

सदस्य

निदेशक, हिमालयी जैव संसाधन प्रौद्योगिकी संस्थान,
पालमपुर

डॉ. आशुतोष उपाध्याय

सदस्य

खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग के प्रोफेसर और प्रमुख,
निफ्टेम, सोनीपत

डॉ. आर. वी. गद्रे

सदस्य

पूर्व मुख्य वैज्ञानिक, राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाला,
पुणे

डॉ. सैयद शम्स यज़दानी

सदस्य

ग्रुप लीडर-माइक्रोबियल इंजीनियरिंग,
इंटरनेशनल सेंटर फॉर जेनेटिक इंजीनियरिंग एंड बायोटेक्नोलॉजी,
अरुणा आसफ अली मार्ग, नई दिल्ली

डॉ. अरुण गोयल

सदस्य

प्रोफेसर, बायोसाइंसेज और बायोइंजीनियरिंग विभाग,
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, गुवाहाटी

प्रो. अश्विनी पारीक

सदस्य

मुख्य कार्यकारी अधिकारी, नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र
(सीआईएबी),
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

डॉ. सुदेश कुमार यादव

सदस्य सचिव

नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र
(सीआईएबी)
नॉलेज सिटी, सेक्टर-81, मोहाली

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

Dr. V. Prakash

Chairman
Former Director,
Central Food Technological Research Institute,
Mysore

Dr. A. K. Panda

Co-chairman
Director, National Institute of Immunology,
Aruna Asaf Ali Marg, New Delhi

Dr. Sundeep Sarin

Member
Scientist-G & Advisor, Department of Biotechnology
Ministry of Science and Technology,
CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi

Dr. D. K. Sahoo

Member
Chief Scientist, Institute of Microbial Technology (IMTECH),
Chandigarh

Dr. Sanjay Kumar

Member
Director, Institute of Himalayan Bioresource Technology,
Palampur

Dr. Ashutosh Upadhyay

Member
Professor and Head, Dept. of Food Science and technology,
NIFTEM, Sonapat

Dr. R. V. Gadre

Member
Former Chief Scientist, National Chemical Laboratory,
Pune

Dr. Syed Shams Yazdani

Member
Group Leader-Microbial Engineering,
International Centre For Genetic Engineering And Biotech-
nology,
Aruna Asaf Ali Marg, New Delhi

Dr. Arun Goyal

Member
Professor, Department of Biosciences and Bioengineering,
Indian Institute of Technology, Guwahati

Prof. Ashwani Pareek

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

Dr. Sudesh Kumar Yadav

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

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

27 अप्रैल, 2020: शासी निकाय की ग्यारहवीं बैठक
(जीबी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

15 सितंबर, 2020: साइंटिफिक की आठवीं बैठक
CIAB की सलाहकार समिति (SAC) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित
की गई।

23 सितंबर, 2020: वित्त समिति की ग्यारहवीं बैठक
(एफसी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

29 सितंबर, 2020: शासी निकाय की बारहवीं बैठक
वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित निकाय (जीबी)।

05 मार्च, 2021: CIAB सोसायटी की आठवीं बैठक आयोजित वीडियो-
कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से।

15 मार्च 2021: वित्त समिति की बारहवीं बैठक
(एफसी) वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग के माध्यम से आयोजित किया गया।

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

April 27, 2020: Eleventh meeting of the Governing Body (GB) held through video-conferencing.

September 15, 2020: Eighth meeting of the Scientific Advisory Committee (SAC) of CIAB held through video-conferencing.

September 23, 2020: Eleventh meeting of the Finance Committee (FC) held through video-conferencing.

September 29, 2020: Twelfth meeting of the Governing Body (GB) held through video-conferencing.

March 05, 2021: Eighth meeting of the CIAB Society held through video-conferencing.

March 15, 2021: Twelfth meeting of the Finance Committee (FC) held through video-conferencing.



मानव संसाधन

Human
RESOURCES

स्टाफ की स्थिति (31 मार्च, 2021 तक)

वैज्ञानिक स्टाफ

क्रमांक	नाम	पद	शामिल होने की तिथि
1.	प्रो. अश्विनी पारीक	मुख्य कार्यकारी अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार)	-
2.	डॉ. सुदेश कुमार	वैज्ञानिक-एफ	12-04-2016
3.	डॉ. शाश्वत गोस्वामी	वैज्ञानिक-एफ	11-03-2015
4.	डॉ. एस. सरवनमुरुगनी	वैज्ञानिक-ई	14-07-2016
5.	डॉ. शशिकुमार एलुमलाई	वैज्ञानिक-ई	24-03-2014
6.	डॉ जयता भौमिकी	वैज्ञानिक-डी	12-08-2016
7.	डॉ भुवन भूषण मिश्रा	वैज्ञानिक-डी	07-12-2014
8.	डॉ. सुधीर प्रताप सिंह	वैज्ञानिक-डी	24-06-2015
9.	डॉ मीना कृष्णिया	रिसर्च एंड इनोवेशन- सिस्टम एनालिस्ट	01-01-2016

वैज्ञानिक स्टाफ

क्रमांक	नाम	पद	शामिल होने की तिथि
1.	श. बलवान सिंह	सहायक अभियंता (विद्युत)	01-08-2014
2.	श. मंजीत सिंह	सहायक अभियंता (सिविल)	07-07-2017
3.	श. उमेश सिंह	वरिष्ठ तकनीकी सहायक	04-12-2013
4.	डॉ. निधि बुधलाकोटी	वरिष्ठ तकनीकी सहायक	21-01-2016
5.	डॉ. मैनपाल सिंह	वरिष्ठ तकनीकी सहायक (फार्म) (अतिरिक्त प्रभार)	-

वैज्ञानिक स्टाफ

क्रमांक	नाम	पद	शामिल होने की तिथि
1.	श्री सुनीत वर्मा	प्रबंधक (वित्त) (अतिरिक्त प्रभार)	-
2.	श्री सुनीत वर्मा	प्रशासनिक अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार)	-
3.	श्री एस कृष्णन	स्टोर खरीद अधिकारी (अतिरिक्त प्रभार)	-
4.	श्री अमन सेठी	प्रबंधन सहायक	07-03-2014
5.	श्री संत लाल पासी	प्रबंधन सहायक	04-09-2015
6.	श्री सुखजिंदर सिंह	प्रबंधन सहायक	19-10-2016
7.	सुश्री हेमा फरसवान	प्रबंधन सहायक (अतिरिक्त प्रभार)	-

STAFF STATUS (AS ON MARCH 31, 2021)

SCIENTIFIC STAFF

Sr. No.	Name	Designation	Date of Joining
1.	Prof. Ashwani Pareek	Chief Executive Officer (Additional Charge)	-
2.	Dr. Sudesh Kumar	Scientist-F	12-04-2016
3.	Dr. Saswata Goswami	Scientist-F	11-03-2015
4.	Dr. S. Saravanamurugan	Scientist-E	14-07-2016
5.	Dr. Sasikumar Elumalai	Scientist-E	24-03-2014
6.	Dr. Jayeeta Bhaumik	Scientist-D	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	Sr. Technical Assistant	04-12-2013
4.	Dr. Nidhi Budhalakoti	Sr. Technical Assistant	21-01-2016
5.	Dr. Mainpal Singh	Sr. Technical Assistant (Farm) (Additional Charge)	-

ADMINISTRATIVE STAFF

Sr. No.	Name	Designation	Date of Joining
1.	Sh. Suneet Verma	Manager (Finance) (Additional Charge)	-
2.	Sh. Suneet Verma	Administrative Officer (Additional Charge)	-
3.	Sh. S. Krishnan	Store Purchase 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)	-

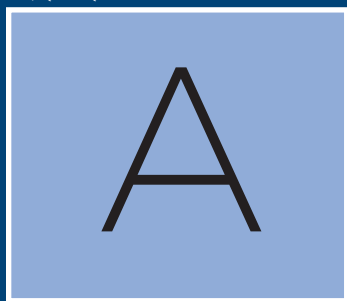


अनुसंधान प्रगति

RESEARCH PROGRESS

खाद्य उत्पादों के लिए प्राथमिक प्रसंस्करण अवशेषों/अपशिष्टों का मूल्यवर्धन

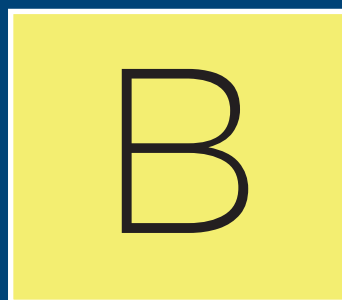
यह क्षेत्र ऐसी परियोजनाओं और गतिविधियों को शामिल करता है जो पोषण संबंधी लाभों, न्यूट्रास्यूटिकल क्षमता, मौजूदा खाद्य योजकों, नए उत्पादों और सिट्रोनेला आवश्यक तेल, लहसुन का तेल, करक्यूमिन, आदि के लिए घ्राण मूल्यवर्धन के बेहतर विकल्प के मूल्य वर्धित उत्पादों को प्राप्त करने के लिए प्रक्रियाओं को विकसित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



RESEARCH
AREAS

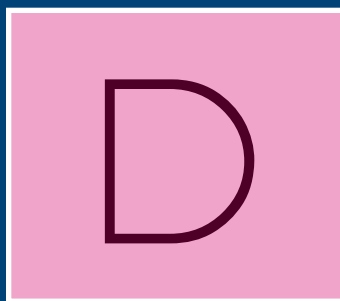
विशेष उत्पादों और रसायनों के लिए फसल अपशिष्ट का मूल्य निर्धारण

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 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 फाइटोकेमिकल्स, 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 न्यूट्रास्यूटिकल 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

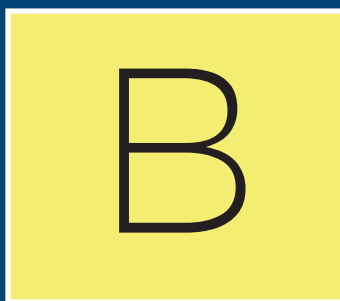
This area entails projects and activities focused at developing and/or gainfully modifying processes or recruiting existing processes for up-scaling to obtain value added products of nutritional benefits, nutraceutical potential, better substitutes to existing food additives, new products and olfactory 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

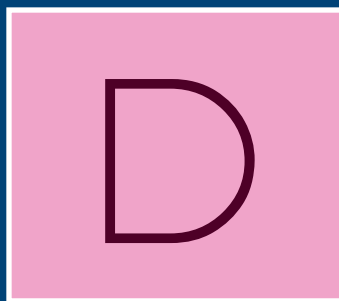
VALORIZATION OF CROP WASTES FOR SPECIALTY PRODUCTS AND CHEMICALS

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, phytochemicals 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 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

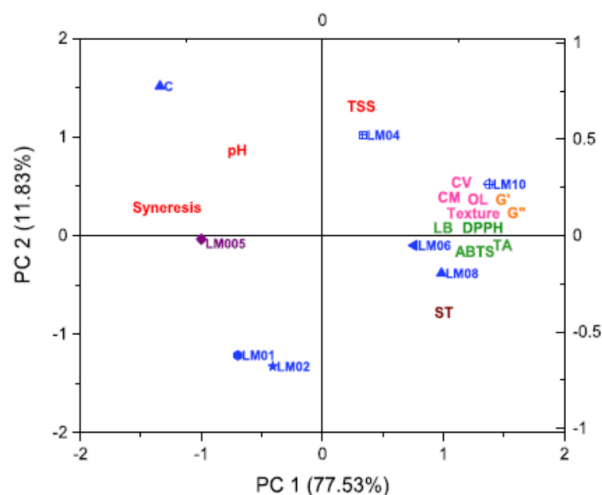
रिसर्च फेलो

सुशील कुमार राय; अंजलि पुरोहित; दीपक मेहता; वरुण कुमार; ऐश्वर्या सिंह; सिमरन भाटिया; नेहा शर्मा; संदीप कौर; पायल गुलेरिया; पूजा गीतिका जैन; सुचेता खुब्बर; आरुषदीप सिदाना;

विशेषज्ञता

मूल्य वर्धित उत्पादों के लिए पौधों और सूक्ष्मजीवों की मेटाबोलिक इंजीनियरिंग। एंजाइम/सूक्ष्मजीवों पर आधारित बायोप्रोसेस के लिए सिंथेटिक बायोलॉजी और नैनोबायोलॉजी दृष्टिकोण और बायोमास के मूल्य वर्धित उत्पादों में परिवर्तन।

दही अपनी उच्च पोषण सामग्री के कारण व्यापक रूप से उपयोग और स्वीकृत प्रोबायोटिक में से एक है। वजन प्रबंधन, लैक्टोज असहिष्णुता, प्रतिरक्षाविज्ञानी प्रभाव, जठरांत्र या श्वसन पथ के रोग और दंत चिकित्सा स्वास्थ्य में इसे पसंद किया जाता है। दही के उच्च उपभोक्ता

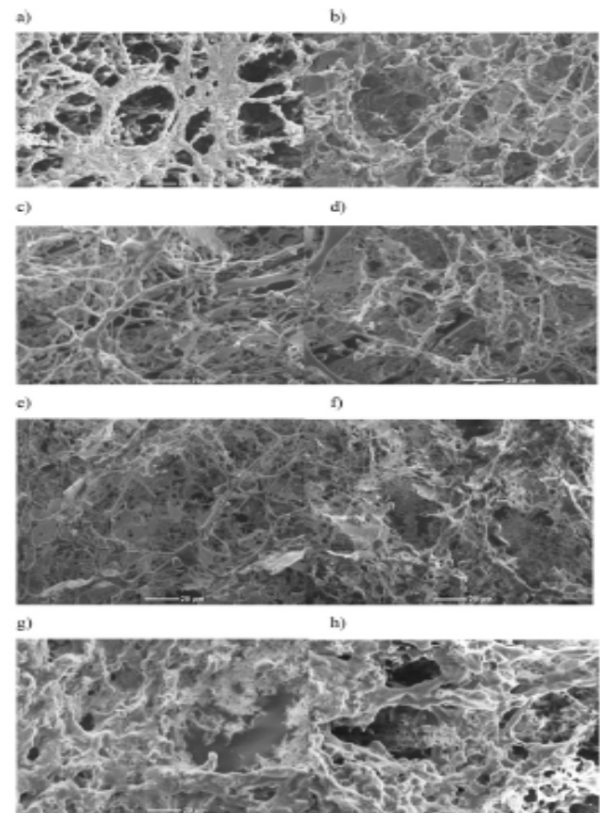


चित्र 1: रियोलॉजी, गुणवत्ता, जीवाणुओं की संख्या और कम वसा वाले सेट दही (TSS-कुल घुलनशील ठोस; सीवी-कॉम्प्लेक्स चिपचिपाहट; सीएम-कॉम्प्लेक्स मापांक; ओएल-समग्र पसंद; एलबी-एल) के प्रमुख घटक विश्लेषण (पीसीए)। बूल्गारिकस; टीए-अनुमापनीय अम्लता; एसटी-एस थर्मोफिलस; सी-नियंत्रण; एलएमपी 0.005-1.0% = एलएम005-एलएम10)।

मूल्य के प्रमुख कारणों में से एक इसकी प्राथमिक बनावट है, यह बनावट इसे वसा ग्लोब्यूलस प्रतिच्छेदित प्रोटीन द्वारा प्रदान किया जाता है। आजकल लो फैट दही तेजी से लोकप्रिय हो रहा है। लेकिन दही से वसा के अणुओं को हटाने से इसकी दृढ़ संरचना बाधित होती है जिसके परिणामस्वरूप योगर्ट का तालमेल, खराब बनावट और घटिया संवेदी गुणवत्ता होती है। दही की बनावट में सुधार के लिए विभिन्न प्रकार के हाइड्रोकोलोइड्स, जिलेटिन, कैसिन, इन्युलिन, प्रोटीन सांद्रता का उपयोग किया जाता है। पेक्टिन से भरपूर सांद्रण जैसे सेब पोमेस, गाजर कोशिका भित्ति। इसके अतिरिक्त, पेक्टिन और अन्य हाइड्रोकार्बन भौतिक-रासायनिक गुणों में सुधार के लिए भी जाने जाते हैं जैसे पीएच और सेट योगहटर्स की अम्लता।

रियोलॉजिकल और फिजियोकेमिकल गुणों में सुधार के लिए डेयरी प्रोबायोटिक खाद्य पदार्थों का प्रसंस्करण।

दही के भौतिक-रासायनिक गुणों में सुधार करने के लिए, हम ने इसमें एलएमपी के प्रभाव को रियोलॉजिकल गुण और मट्टा कैसिन मैट्रिक्स स्थिरीकरण की बनावट की जांच की है। लो मेथॉक्सिल पेक्टिन मिलाने से कम वसा तैयार-दही बनता है, जिसमें देखा गया है कि ये मट्टा हानि (16% की कमी) को कम करता है, दृढ़ता, रियोलॉजी और गुणवत्ता में सुधार लाता है। परिणामस्वरूप सेट योगहटर्स में एलएमपी मिलाने से घुलनशील ठोस सामग्री में वृद्धि हुई और उच्च जीवाणु संख्या (≥ 10 लॉग CFU/g), बेहतर अम्लता, जैव सक्रियता (डीपीपीएच एम्प; एबीटीएस+ सूक्ष्ममापी ट्रोलाक्स/g), और कम पीएच। रियोलॉजी अध्ययनों के अनुसार, एलएमपी जोड़ा सेट योगहटर्स में उच्च मापांक (भंडारण मापांक G', हानि मापांक G",



चित्र 2: एलएमपी की विभिन्न सांद्रता वाले कम वसा सेट दही की एसईएम छवियां: ए) नियंत्रण, बी) 0.05% एलएमपी, सी) 0.1% एलएमपी, डी) 0.2% एलएमपी, ई) 0.4% एलएमपी, एफ) 0.6% एलएमपी, जी) 0.8% एलएमपी, एच) 1.0% एलएमपी

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
Geetika Jain; Sucheta Khubber
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.

Yoghurt is one of the widely used and accepted probiotic due to its high nutritional content, pleasant taste and numerous health benefits. It is preferred in weight management, lactose intolerance, immunological effects, gastro-intestinal or respiratory tract diseases and dental health. One of the major

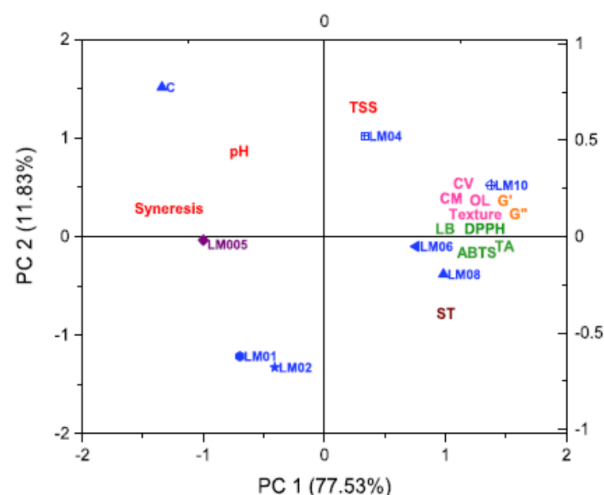


Figure 1. Principal component analysis (PCA) of rheology, quality attributes, soluble solids, syneresis, and bioactivity of low fat set yoghurt (TSS, Syneresis, soluble solids, CV, complex viscosity, CM, complex modulus, OD, overall liking, B-B: bulgariyas; TA: titratable acidity; ST: Stierlin's index; DPPH: 2,2-diphenylpicrylhydrazyl; ABTS: 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride; LM: LMP at 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0% (LM005-LM10).

reasons for high consumer value of yoghurt is its fir texture which is provided by proteins interspersed by fat globules. These days low fat yoghurt is becoming increasingly popular. But the removal of fat molecules from yogurt disrupts its firm structure resulting in syneresis, poor texture and degraded sensory quality of the yoghurt. In order to improve the texture of yoghurt various types of hydrocolloids, gelatine, casein, inulin, gums, protein concentrates are used. Pectin rich concentrates like apple pomace, carrot cell wall components are used to improve the cross-linking within its structure. In addition to this, pectin and other hydrocolloids are also known to improve the physico-chemical properties such as pH and acidity of set yoghurts.

Processing of dairy probiotic foods to improve its rheological and physicochemical properties: In order to improve the physio-chemical properties of yoghurt, we have investigated the effect of addition of low methoxyl pectin (LMP) on rheological properties and texture of whey casein matrix stabilization. Addition of low-methoxyl pectin (LMP) was observed to reduce whey loss (16% reduction), improve firmness, rheology, quality and overall liking of low-fat set-yoghurt. Adding LMP to the set yoghurts resulted in increased soluble solids content and higher bacterial counts (≥ 10 log CFU/g), improved acidity, bioactivity (DPPH• & ABTS+ μ M Trolox-g), and lower pH. As per rheology studies, LMP added

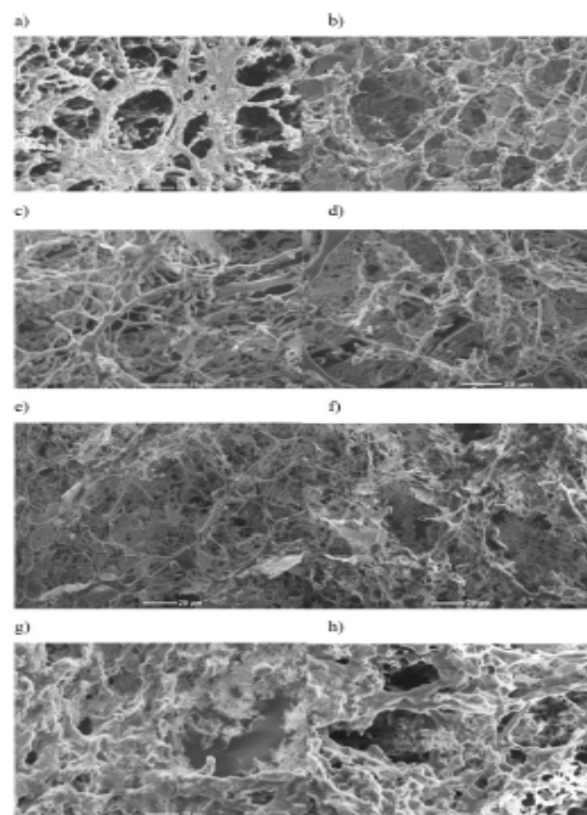
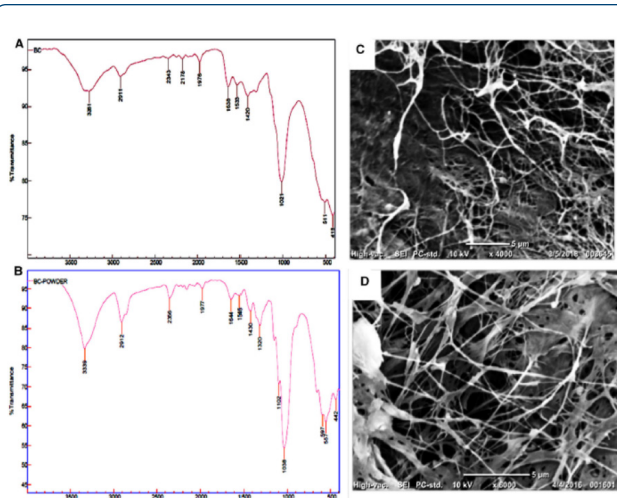
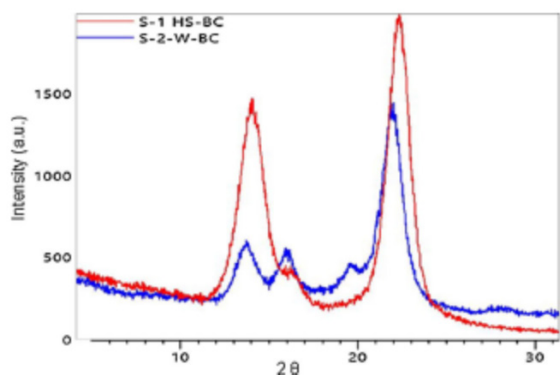


Figure 2. SEM images of low fat set yoghurt containing different concentration of LMP: a) control, b) 0.05% LMP, c) 0.1% LMP, d) 0.2% LMP, e) 0.4% LMP, f) 0.6% LMP, g) 0.8% LMP, h) 1.0% LMP.



चित्र 3: एचएस माध्यम (ए) और मट्टा (बी) पर उत्पादित बैक्टीरियल सेल्युलोज का एफटीआईआर। एचएस माध्यम (सी) और मट्टा (डी) पर उत्पादित जीवाणु सेल्युलोज की एएसईएम छवियाँ।

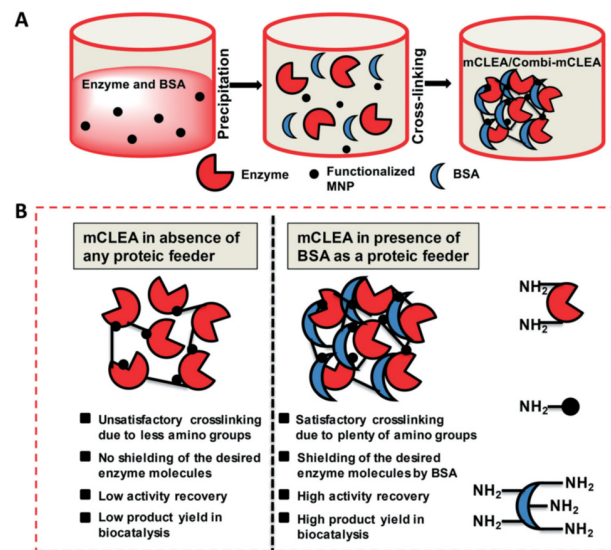
जटिल G*) और जटिल चिपचिपापन होता है। जी * के लिए पावर लॉ मॉडल पैरामीटर (ए और जेड) भी एलएमपी के अतिरिक्त दही मैट्रिक्स की बढ़ी हुई ताकत से संबंधित पाए गए। प्रमुख घटक विश्लेषण ने एलएमपी एकाग्रता के सहसंबंध से गुणवत्ता मानकों, रियोलॉजी में सुधार और कम वसा वाले सेट दही की समग्र पसंद को भी दिखाया है (चित्र एक)। इसलिए, एलएमपी बेहतर संवेदी पसंद के साथ कम वसा वाले सेट दही के स्थिरीकरण के लिए एक संभावित घटक के रूप में उभरा। माइक्रोस्ट्रक्चर विश्लेषण ने भी झरझरा प्रोटीन नेटवर्क को भरने और दही में एलएमपी के अतिरिक्त एकत्रीकरण की पुष्टि की है। एलएमपी जोड़े गए योगहटर्स के मामले में क्रॉस-लिंकिंग या भरे हुए गुहाओं को देखा गया था, जबकि खुले छिद्रपूर्ण गुहा नियंत्रण में देखे गए थे (चित्र 2)। एलएमपी में ऋणावेशित कार्बोक्सिल समूहों की उपस्थिति और पेक्टिन की जल धारण क्षमता के साथ धनावेशित कैसिइन की उपस्थिति के कारण प्रोटीन-पॉलीमर बंधन के कारण दही हानि में कमी आई।



चित्र 4: एक्सआरडी - एचएस माध्यम (लाल) और मट्टा (नीला) पर उत्पादित जीवाणु सेल्युलोज का पैटर्न।

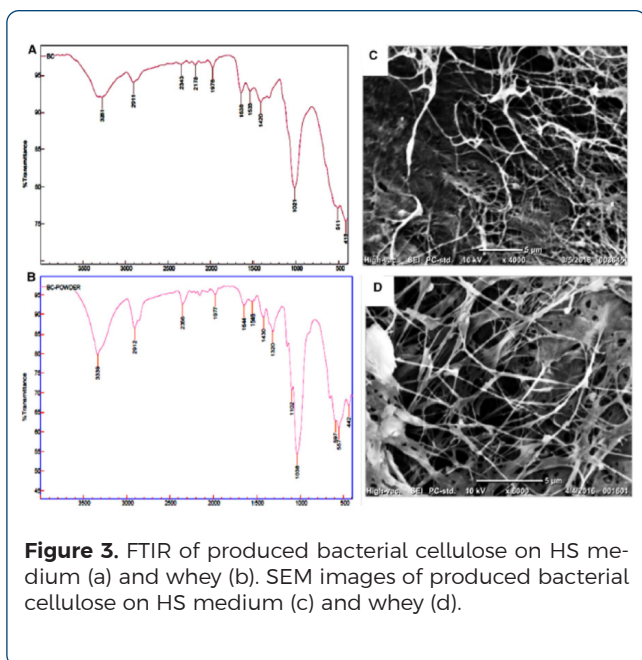
बैक्टीरियल सेल्युलोज और दुर्लभ शर्करा के उत्पादन के लिए डेयरी अपशिष्ट का प्रसंस्करण।

डेयरी उद्योग द्वारा हर साल टन तरल मट्टा एक उप-उत्पाद के रूप में जारी किया जाता है। दूध के प्रसंस्करण के बाद, दूध प्रोटीन को अलग करने से मट्टा शेष उत्पाद के रूप में निकल जाता है। लैक्टोज तरल मट्टा का प्रमुख घटक शर्करा है। चूंकि यह मट्टा कुछ शर्करा का समृद्ध स्रोत है, यह स्पष्ट रूप से स्पष्ट हो जाता है कि विभिन्न उत्पादों के उत्पादन के लिए इसकी पूरी क्षमता का पता लगाने के लिए इसे संसाधित करने की आवश्यकता है। आम तौर पर, मट्टा को इसकी उच्च जैविक ऑक्सीजन मांग (बीओडी) के कारण पर्यावरण में सीधे निपटान को देखते हुए खतरनाक माना जाता है। इसलिए मट्टा को सीधे पर्यावरण में डालने के बजाय, इसे कई सूक्ष्मजीवों के विकास के लिए सब्सट्रेट के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। ऐसे सूक्ष्मजीव अपने विकास के लिए मट्टा की शर्करा का उपयोग करके बैक्टीरियल सेल्युलोज जैसे औद्योगिक रूप से मूल्यवान उत्पादों की विस्तृत श्रृंखला के उत्पादन के लिए उपयोग किए जा सकते हैं। इसके अतिरिक्त, मट्टा के शर्करा घटक का उपयोग आर्थिक और टिकाऊ जैव-प्रौद्योगिकी दृष्टिकोणों का उपयोग करके दुर्लभ शर्करा जैसे विभिन्न उत्पादों के उत्पादन के लिए किया जा सकता है।

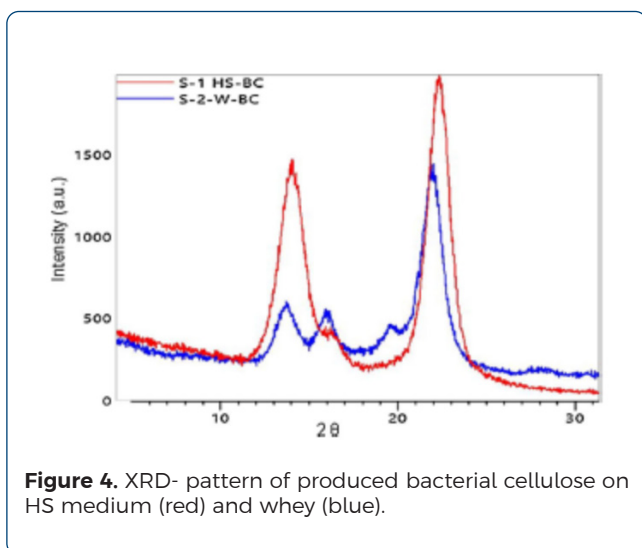


चित्र 5: एक प्रोटीक फीडर के रूप में गोजातीय सीरम एल्ब्यूमिन (बीएसए) की उपस्थिति में एल-अरेबिनोज आइसोमरेज चुंबकीय क्रॉस-लिंक्ड एंजाइम एग्रीगेट (एमसीएलई) और दोहरे एंजाइम एल-अरेबिनोज आइसोमरेज + बिटा-गैलेक्टोसिडेज के कॉम्बी-एमसीएलई का विकास (ए)। स्थिर उत्प्रेरक (बी) में बीएसए प्रोटीक फीडर के साथ तुलना में इम्मोबिलाइज्ड एमसीएलई तैयारी में एक प्रोटीक फीडर के रूप का प्रभाव।

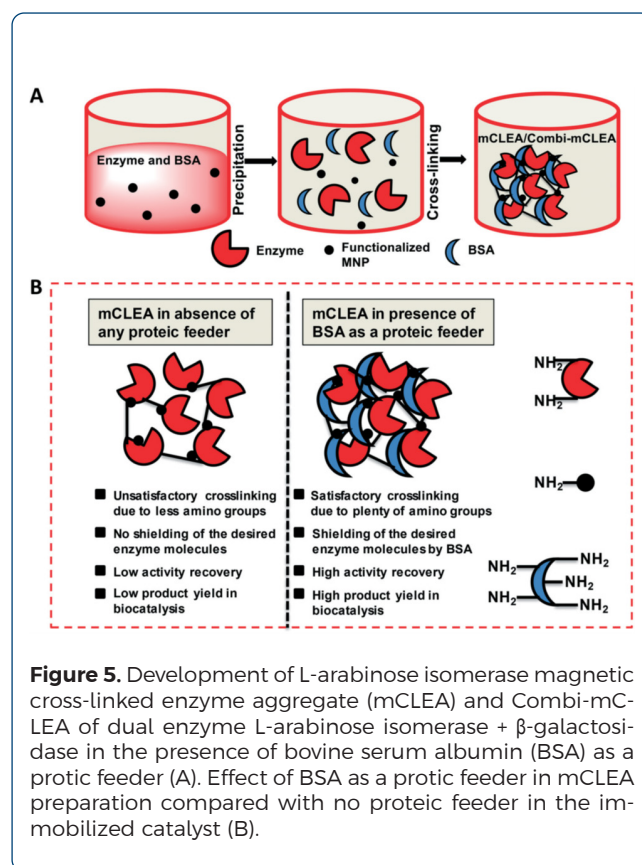
हाल ही में हमारी प्रयोगशाला में, हमने बैक्टीरियल सेल्युलोज पैदा करने वाले बैक्टीरिया, एसीटोबैक्टर पेस्टूरियनस आरएसवी -4 की पहचान की है और इस जीवाणु का उपयोग करके बैक्टीरियल सेल्युलोज (बीसी) के उत्पादन के लिए एक प्रक्रिया को अनुकूलित किया है। बिटा गैलेक्टोसिडेज का उपयोग मट्टा से प्रपत लैक्टोज को घटक मोनोमर्स ग्लूकोज और गैलेक्टोज में बदलने के लिए किया गया था और जीवाणु अपने विकास के लिए मट्टा में ग्लूकोज का उपयोग करने में सक्षम था। 5.6 ग्राम सेल्युलोज/लीटर मट्टा की उच्चतम सांद्रता जीवाणु वृद्धि के 8 दिनों के बाद 30 डिग्री सेल्सियस



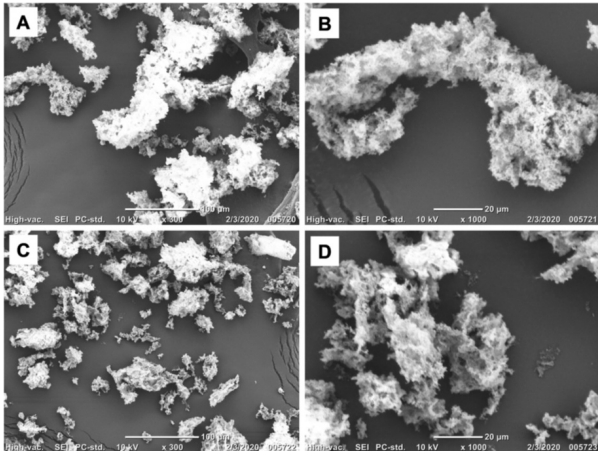
set yoghurts possessed higher modulus (storage modulus G' , loss modulus G'' , complex G^*) and complex viscosity. Power law model parameters (A & z) for G^* also found to be related to the enhanced strength of yoghurt matrix on addition of LMP. Principal component analysis has also showed the correlation of LMP concentration with improved quality parameters, rheology and overall liking of low-fat set yoghurt (Fig 1). Therefore, LMP emerged as a potential ingredient for stabilization of low-fat set yoghurt with improved sensory liking. Microstructure analysis also affirmed the filling of porous protein network and enhanced aggregation in yoghurt with addition of LMP. Open porous cavities were observed in control while cross-linking or filled cavities were observed in case of LMP added set yoghurts (Fig. 2). Protein-polymer bonding owing to the presence of negatively charged carboxyl groups in LMP and positively charged casein along with water holding capacity of pectin led to decrease in whey loss.



Processing of Dairy waste for the production of bacterial cellulose and rare sugars: Tons of liquid whey is released as a by-product by dairy industry every year. After processing of milk, separating the milk protein leaves whey as remaining product. Lactose is the major component sugar of liquid whey. Since this whey is rich source of certain sugars it becomes clearly evident that it needs to be processed to explore its full potential for the production of various products. Generally, Whey is considered as hazardous considering its direct disposal in environment owing to its high biological oxygen demand (BOD). So instead of disposing whey directly into environment, it can be used as substrate for the growth of numerous microorganisms. Such microorganisms by using sugars of whey for their growth may be used for the production of wide range of industrially valuable products like bacterial cellulose. Additionally, the sugar component of whey can be used further for the production of various products like rare sugars using economical and sustainable biotechnological approaches.



Recently in our lab, we have identified a bacterial cellulose producing bacteria, *Acetobacter pasteurianus* RSV-4 and optimised a process for the production of bacterial cellulose (BC) using this bacterium. β -galactosidase was used to convert whey lactose into component monomers glucose and galactose and the bacterium was able to use glucose in the whey for its growth. The highest concentration of 5.6 g cellulose/L of whey was obtained at 30 °C after 8 days of bacterial growth.



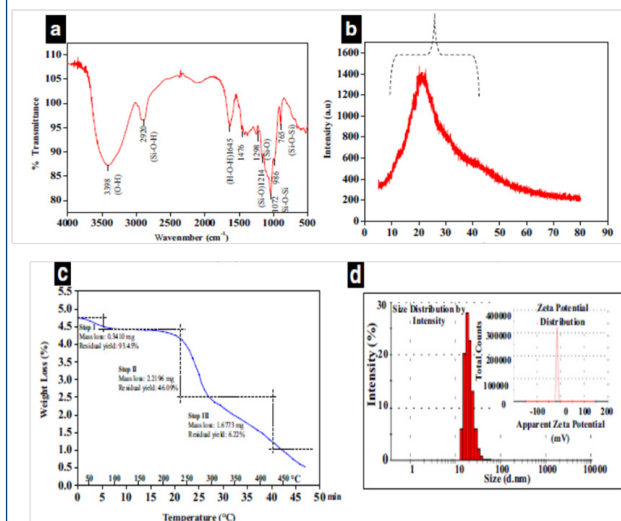
चित्र 6: एल-एआई (ए और बी) के विकसित एमसीएलईए और दोहरे एंजाइम (बिटा-गैल + एल-एआई) (सी और डी) के कॉम्बी-एमसीएलईए की एसईएम छवियां।

पर प्राप्त की गई थी। प्रक्रिया को बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए अनुकूलित किया गया था और 120 लीटर मट्टा का उपयोग करके बैक्टीरियल सेल्युलोज के उत्पादन के लिए अध्ययन किया गया था। एफटी-आईआर विशेषताओं की चोटियों की उपस्थिति को दर्शाता है और यह भी दर्शाता है कि स्पेक्ट्रा साहित्य में मौजूदा बैक्टीरियल सेल्युलोज के समान थे। 3300 सेमी⁻¹ पर विशिष्ट चोटियाँ ओ-एच स्ट्रेचिंग को इंगित करती हैं, 2060 सेमी⁻¹ सी-एच स्ट्रेचिंग को इंगित करती हैं, 1600 सेमी⁻¹ सी-ओ-सी स्ट्रेचिंग को इंगित करती हैं और 1000 सेमी⁻¹ सी-ओ स्ट्रेचिंग को इंगित करती हैं। यह पैटर्न मौजूदा बैक्टीरियल सेल्युलोज के साथ संरेखण में था। एचएस माध्यम और मट्टा से बीसी की एसईएम छवियों ने दिखाया कि बीसी मैट को इंटरवॉवन अल्ट्राफाइन फाइब्रिल का घना नेटवर्क माना गया था और इन सेल्युलोज फाइब्रिल की चौड़ाई 42 एनएम और 68 एनएम (चित्र 3) के बीच थी। मट्टा बीसी की तुलनात्मक मोटाई एचएस माध्यम बीसी से अधिक थी, जो सबस्ट्रेट के रूप में मट्टा का उपयोग करके बीसी उत्पादन की बेहतर गुणवत्ता का सुझाव देती है। इसके अलावा, एक्सआरडी विश्लेषण ने एसिटोबैक्टर पेस्टूरियनस आरएसवी -4 का उपयोग करके एचएस माध्यम और मट्टा से उत्पादित बीसी की क्रिस्टलीय प्रकृति की भी पुष्टि की। मट्टा पर बीसी के विवर्तन पैटर्न ने इसे अल्फा-सेल्युलोज (चित्र 4) के रूप में अधिक होने की संभावना साबित कर दी। एचएस माध्यम और मट्टा से बीसी की थर्मल स्थिरता का अध्ययन किया गया और थर्मल ग्रेविमेट्रिक विश्लेषण (टीजीए) का उपयोग करके तुलना की गई। टीजीए परिणामों ने बैक्टीरियल सेल्युलोज को 250°C तक थर्मली रूप से स्थिर दिखाया। 250°C से परे, मट्टा से बीसी में 43% गिरावट देखी गई जबकि एचएस सेल्युलोज के मामले में गिरावट 98% थी। इसलिए, एफटीआईआर, एक्सआरडी, एसईएम और टीजीए परिणामों ने साबित कर दिया कि मट्टा से उत्पादित बैक्टीरियल सेल्युलोज एचसी माध्यम सेल्युलोज से बेहतर था। चूंकि, मट्टा लैक्टोज (ग्लूकोज और गैलेक्टोज का डाईसैकराइड) से भरपूर होता है, इसलिए इसका उपयोग कार्यात्मक शर्कर के उत्पादन के लिए किया जा सकता है। तो बैक्टीरियल सेल्युलोज के बाद के मट्टा का उपयोग एल-एआई के चुंबकीय क्रॉस लिंक एंजाइम एग्रीगेट्स (एमसीएलईए) और दोहरे

एंजाइम एल-एआई और बिटा-गैल (चित्र 5) के कॉम्बी-एमसीएलईए का उपयोग करके शून्य कैलोरी दुर्लभ चीनी डी-टैगाटोज के उत्पादन के लिए किया गया था। एमसीएलईए और कॉम्बी-एमसीएलईए का गठन एंजाइमों को उपयुक्त एजेंट का उपयोग करके और ग्लूटाराल्डिहाइड को क्रॉस-लिंकर के रूप में चुंबकीय नैनोकणों से जोड़कर किया गया था। हम लैक्टोज से डी-टैगाटोज की 25% तक और जलीय मीडिया में गैलेक्टोज से लगभग 50% उपज प्राप्त करने में सक्षम थे। इस अध्ययन के परिणामों ने सुझाव दिया है कि कॉम्बी-एमसीएलईए में एंजाइम (बिटा-गैल + एल-एआई) का उपयोग एक केस्केड में सबस्ट्रेट चैनलिंग घटना के माध्यम से डी-टैगाटोज उपज को बढ़ाने में सक्षम था। एमसीएलईए और कॉम्बी-सीएलईए दोनों ही दस से अधिक चक्रों के लिए पुनर्चक्रण योग्य थे, जो उनकी गतिविधि का लगभग 50% बनाए रखते थे। संश्लेषित सीएलईए को एसईएम (चित्र 6) का उपयोग करने की भी विशेषता थी। विकसित चुंबकीय उत्प्रेरक का मुख्य लाभ प्रतिक्रिया के पूरा होने के बाद बाहरी चुंबक का उपयोग करके उनकी वसूली थी।

कृषि बायोमास से लिग्निन और सिलिका के निष्कर्षण और उनके अनुप्रयोग के लिए प्रक्रिया विकास।

लिग्निसेल्युलोज वर्तमान में पृथ्वी पर सबसे प्रचुर मात्रा में अक्षय सामग्री है। पॉलीसेकेराइड और पॉलीमरिक लिग्निन में समृद्ध होने के कारण, लिग्नि-सेल्युलोजिक बायोमास को मूल्यवान यौगिकों को प्राप्त करने के लिए एक उत्कृष्ट कृषि-स्टॉक के रूप में मान्यता दी गई है। धान की भूसी और गन्ने की खोई दुनिया भर में सबसे अधिक उत्पन्न कृषि-अपशिष्ट हैं। इसलिए, गन्ने की खोई को पुनः प्राप्त करने योग्य उच्च-मूल्य वाले अणुओं में मूल्यांकित करना महत्वपूर्ण हो जाता है। गन्ना खोई लिग्निसेल्युलोज (यानी लिग्निन, सेल्युलोज और हेमीसेल्युलोज), अनाकार सिलिका, फॉस्फेट, धातु आयनों और क्लोराइड से बना है। विभिन्न अनुप्रयोगों में उपयोग के लिए नैनोसिलिका और नैनोलिग्निन जैसे मूल्य वर्धित उत्पादों को प्राप्त करने के लिए गन्ना खोई जैसे कृषि-अपशिष्ट के स्थायी उपयोग के लिए कई नए



चित्र 7: ए) नैनोसिलिका के लिए एटीआर-एफटीआईआर अवशोषण स्पेक्ट्रा, बी) नैनोसिलिका का एक्सआरडी डिफ्रेक्टोग्राम, C) नैनो-लिग्निन का टीजीए, D) नैनो-लिग्निन का आकार वितरण और जीटा क्षमता।

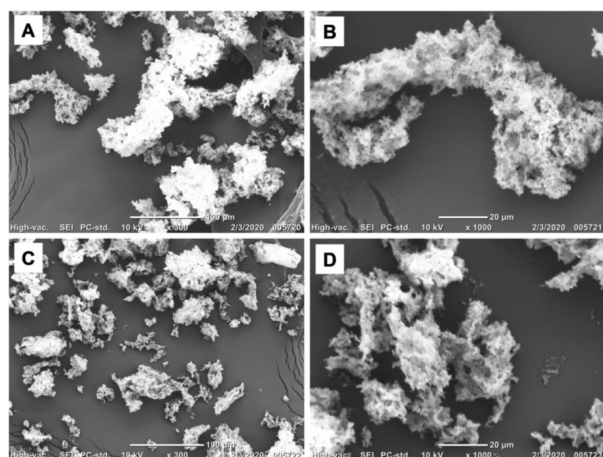


Figure 6. SEM images of the developed mCLEA of L-AI (A and B) and Combi-mCLEA of dual enzyme (β -Gal + L-AI) (C and D).

The process was optimised for large scale production and was studied for the production of bacterial cellulose using 120 L whey. The FT-IR shows the presence of characteristic peaks and also showed that the spectra were similar to existing bacterial cellulose in literature. The distinguished peaks at 3300 cm^{-1} indicates O-H stretching, 2060 cm^{-1} indicates C-H stretching, 1600 cm^{-1} indicates C-O-C stretching and 1000 cm^{-1} indicates C-O stretching. This pattern was in alignment with the existing bacterial cellulose. SEM images of the BC from HS medium and whey showed BC mat was observed to be a dense network of interwoven ultra-fine fibrils and the width of these cellulose fibrils was between 42 nm and 68 nm (Fig 3). The comparative thickness of whey BC was higher than HS medium BC, suggesting a better quality of BC production using whey as substrate. Further, XRD analysis also confirmed the crystalline nature of BC produced from HS medium and whey using *Acetobacter pasteurianus* RSV-4. The diffraction pattern of BC on whey proved it to be more likely as α -cellulose (Fig 4). Thermal stability of BC from HS medium and whey was studied and compared using Thermal gravimetric analysis (TGA). TGA results showed bacterial cellulose to be thermally stable up to 250°C. Beyond 250°C, BC from whey showed 43% degradation whereas the degradation in case of HC cellulose was 98%. Hence, FTIR, XRD, SEM and TGA results proved that bacterial cellulose produced from whey was superior than the HC medium cellulose.

Since, whey is rich in lactose (disaccharide of glucose and galactose), it can be used for the production of functional sugars. So the whey after bacterial cellulose was used for the production of zero calorie rare sugar D-tagatose using magnetic cross linked enzyme aggregates (mCLEAs) of L-AI and Combi-mCLEA of dual enzyme L-AI and β -Gal (Fig 5). mCLEA and combi-CLEA were formed by precipitating enzymes using appropriate agent and linking the precipitate to magnetic nanoparticles using glutaraldehyde as cross-linker. We

were able to achieve up to 25% yield of D-tagatose from lactose and nearly 50% yield from galactose in aqueous media. The results of this study have suggested that the use of enzymes (β -Gal + L-AI) in Combi-mCLEA was able to enhance the D-tagatose yield through substrate channelling phenomena in a cascade. Both the mCLEA and combi-CLEA were recyclable for more than ten cycles retaining nearly 50% of their activity. Synthesised CLEAs were also characterised using SEM (Fig 6). The main advantage of the developed magnetic catalysts was their recovery using an external magnet after completion of the reaction.

Process development for extraction of lignin and silica from agro-biomass and their application:

Lignocellulose is currently the most abundant renewable material on earth. Being rich in polysaccharides and polymeric lignin, ligno-cellulosic biomass has been recognised as an excellent agro-stock to derive valuable compounds. Paddy straw and sugarcane bagasse are the most generated agro-waste worldwide. Hence, it becomes increasingly important to valorise sugarcane bagasse into recoverable high-value molecules. Sugarcane bagasse comprised of lignocelluloses (i.e. lignin, cellulose and hemicellulose), amorphous silica and some traces of phosphates, metal ions and chlorides. Several new areas have been opened up for sustainable utilisation of agro-wastes like sugar bagasse to derive value added products like nanosilica and nano-lignin for use in various applications. Therefore, a significant renewable bioresource, bagasse biomass can be exploited for the recovery of lignin and silica.

We have designed environmental friendly catalytic process for the valorisation of sugarcane bagasse into functional nanomaterials like nano-silica and nano-lig-

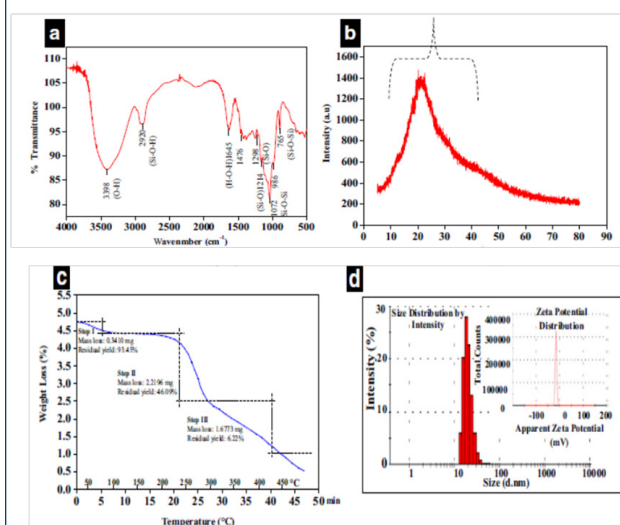
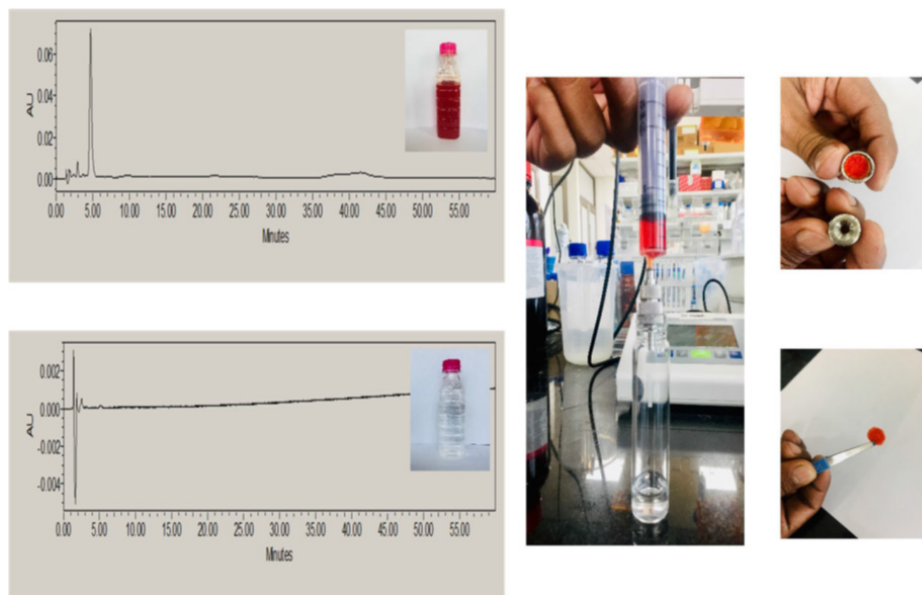


Figure 7. a)ATR-FTIR absorption spectra for nanosilica, b) XRD diffractogram of nanosilica, c) TGA of nano-lignin, d) Size distribution and zeta potential of nano-lignin.



चित्र 8: विकसित सिलिका और लिग्निन आधारित झिल्ली द्वारा अपशिष्ट जल का शुद्धिकरण। शुद्धिकरण के बाद लाल 81 डाई और शुद्ध पानी युक्त पानी का एचपीएससी क्रोमैटोग्राम। विकसित झिल्ली ने अपशिष्ट जल से लाल 81 डाई को हटा दिया और इसे कुशलतापूर्वक शुद्ध किया

क्षेत्र खोले गए हैं। इसलिए, लिग्निन और सिलिका की वसूली के लिए एक महत्वपूर्ण नवीकरणीय जैव संसाधन, गन्ना खोई बायोमास का उपयोग किया जा सकता है।

हमने गन्ने की खोई को नैनो-सिलिका और नैनो-लिग्निन जैसे कार्यात्मक नैनोमटेरियल में मूल्यवान बनाने के लिए पर्यावरण के अनुकूल उत्प्रेरक प्रक्रिया तैयार की है। इथेनॉल के साथ बायोमास के पूर्व-उपचार के बाद शर्करा को अलग करने के लिए एक एसिड उत्प्रेरक (H_2SO_4 0.5%, wt / wt) के साथ खोई का शुद्धिकरण किया गया था। इसके बाद, पेरोक्साइड और बेस (0.5% H_2O_2 , wt/wt और 1% NaOH , wt/wt) के एक संयोजन का ढेर बनाया गया जिससे कि गन्ने की खोई के घोल से SiO_2 (5.65% उपज के साथ 35 एनएम) और लिग्निन (10.15% उपज के साथ 20 एनएम) का समवर्ती संश्लेषण किया गया। पाउडर के रूप में अत्यधिक शुद्ध कार्यात्मक सामग्री को अलग करने के लिए उत्प्रेरक का उपयोग करके अंतिम वर्षण किया गया। नैनो सिलिका और नैनो लिग्निन को एफटीआईआर-एटीआर और एक्सआरडी का उपयोग करके चित्रित किया गया था और निकाले गए सामग्रियों की जेटा क्षमता की गणना की गई थी। संश्लेषित पदार्थों की जेटा क्षमता (ζ) SiO_2 के लिए -35.6 mV और लिग्निन के लिए -13.1 mV पाई गई (चित्र 7)। प्राप्त सिलिका और लिग्निन नैनोमटेरियल्स का उपयोग विलेय कणों और गैसों के शुद्धिकरण के लिए मजबूत और साथ ही लचीली कार्यात्मक झिल्ली के निर्माण में किया गया था। विकसित कार्यात्मक झिल्ली के सोखना / विशोषण वक्र ने H_3 हिस्टैरिसिस लूप के साथ टाइप II इजोथर्म दिखाया। झिल्ली का प्रेक्षित ब्रूनौए-एम्मेट-टेलर सतह क्षेत्र 400.3 m^2/g था। बैरट-जॉयनर-हेलेंडा विधि द्वारा दर्ज की गई ताकना आकार और ताकना मात्रा क्रमशः 25.5 एनएम और 0.624 सेमी³/जी थी। विकसित झिल्ली का उपयोग अपशिष्ट जल उपचार के लिए किया गया था। संश्लेषित झिल्ली का उपयोग रेड81 डाई युक्त अपशिष्ट जल के उपचार के लिए किया गया था और यह पानी से डाई को कुशलतापूर्वक हटाने में सक्षम था (चित्र 8)।

लिग्निन के विधुवण के लिए ऑक्सीडो-रिडक्टेस का उपयोग

लिग्निन-सेल्यूलोसिक बायोमास जीवाश्म संसाधनों के उपयोग के विकल्प के रूप में एक हरे और टिकाऊ कार्बन संसाधन के रूप में उभरा है। लिग्निन-सेल्यूलोसिक बायोमास, जैसा कि नाम से पता चलता है, लिग्निन नामक हेटरोपॉलिमर घटक और सेल्यूलोज और हेमी-सेल्यूलोज नामक पॉलीसेकेराइड इकाइयों से बना है। अन्य दो सबस्ट्रेट्स के विपरीत, लिग्निन अपने जटिल लिंकेज जैसे β -O-4, β - β , 5-5, β -5, β -O-4 के कारण सबसे जटिल संरचना बनाता है, जिससे इसे मूल्यांकन करना मुश्किल हो जाता है। पॉलिमर की इस अड़ियल प्रकृति के कारण, इसका कम उपयोग किया जाता है और कम खोजबीन की जाती है। इसलिए, लिग्निन के मूल्य निर्धारण ने पिछले कुछ वर्षों में बहुत ध्यान आकर्षित किया है। सभी लिग्निन वैलोराइजेशन रणनीतियों में लिग्निन का कैटेलेटिक डीपोलीमराइजेशन सबसे चुनौतीपूर्ण और कम अध्ययन वाला तरीका है। एसिड-आधारित, ऑक्सीडेटिव, रिडक्टिव और एंजाइम उत्प्रेरित डीपोलीमराइजेशन जैसी विभिन्न विधियों के माध्यम से डीपोलीमराइजेशन प्राप्त किया जा सकता है। लिग्निन के एंजाइम उत्प्रेरित विपोलीमराइजेशन का अधिक अध्ययन नहीं किया गया है। इसलिए, यह उन एंजाइमों की पहचान के लिए तेजी से महत्वपूर्ण हो जाता है जो बायोमास के विभिन्न घटकों को कम करने में सक्षम हैं। इस तरह के एंजाइम तब लिग्निनसेल्यूलोसिक बायोमास के मूल्यांकन के लिए एंजाइमी कंसोर्टिया में उपयोग की क्षमता रख सकते हैं। इसे ध्यान में रखते हुए, यहां हमने लिग्निन वैलोराइजेशन में मोनो-ऑक्सीजिनेज के एक नए वर्ग की क्षमता की पहचान और विशेषता की है।

हमारे हाल के अध्ययन में, हमने एक ऑक्सीडो-रिडक्टेस, लिटिक पॉलीसेकेराइड मोनोऑक्सीजिनेज की पहचान की है, जो लिग्निन को ऑक्सीकरण करने में सक्षम है। लिटिक पॉलीसेकेराइड मोनोऑक्सीजिनेज का उपयोग पहले बायोमास की पॉलीसेकेराइड इकाइयों के ऑक्सीकरण के लिए किया जाता था। यहां, लिग्निन डीपोलीमराइजेशन में एलपीएमओ की भूमिका का पता लगाया गया था। पहचाने गए एंजाइम, एलपीएमओ - ए ओ ए 17 को संशोधित किया गया और ई. कोलाई बीएल 21 में

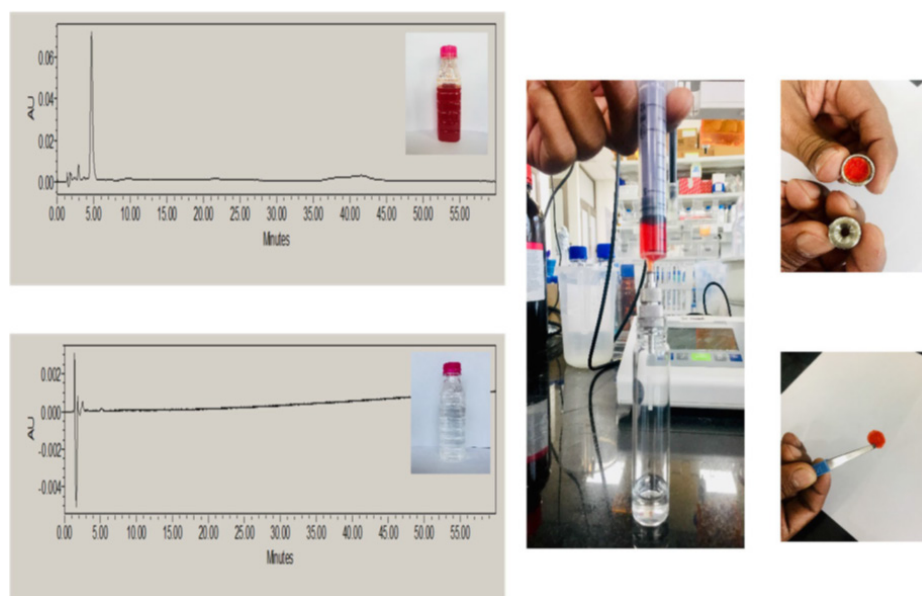


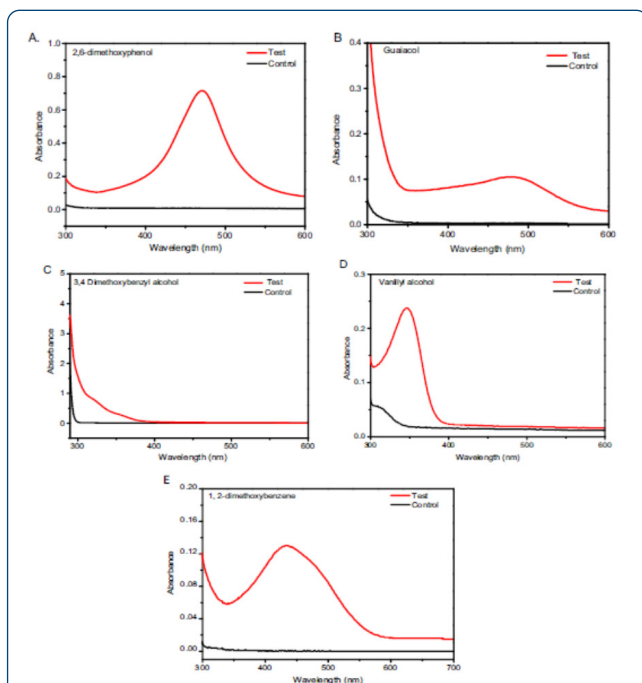
Figure 8. Purification of wastewater by developed silica and lignin based membrane. HPLC chromatogram of water containing red 81 dye and of pure water after purification. Developed membrane removed the red 81 dye from wastewater and purified it efficiently.

nin. Bagasse saccharification was carried out with an acid catalyst (H_2SO_4 0.5%, wt/wt) to separate sugars after pre-treatment of biomass with ethanol. Subsequently, a combination of peroxide and base (0.5% H_2O_2 , wt/wt and 1% NaOH, wt/wt) was stacked to concurrently synthesise SiO_2 (35 nm with 5.65% yield) and lignin (20 nm with 10.15% yield) from bagasse slurry. The final precipitation was carried using catalyst to separate highly pure functional materials in powdered form. Nano silica and nano lignin were characterised using FTIR-ATR and XRD and zeta potential of extracted materials was calculated. Zeta potential (ζ) of the synthesised materials was found to be -35.6 mV for SiO_2 and -13.1 mV for lignin (Fig 7). Obtained silica and lignin nanomaterials were used in the fabrication of strong as well as flexible functional membrane for purification of solute particles and gases. The adsorption/desorption curve of the developed functional membrane showed type II isotherm with a H3 hysteresis loop. The observed Brunauer-Emmett-Teller surface area of the membrane was $400.3 \text{ m}^2/\text{g}$. The pore size and pore volume as recorded by Barrett-Joyner-Halenda method was 25.5 nm and $0.624 \text{ cm}^3/\text{g}$, respectively. The developed membrane was used for waste water treatment. The synthesised membrane was used to treat waste water containing red81 dye and it was efficiently able to remove dye from the water (Fig 8).

Oxido-reductase for depolymerisation of lignin: Ligno-cellulosic biomass have emerged as a green and sustainable carbon resource as alternative to the use of fossil resources. Ligno-cellulosic biomass, as the name suggests, is composed of heteropolymer component called lignin and polysaccharide units called cellulose and hemi-cellulose. Unlike the other two substrates,

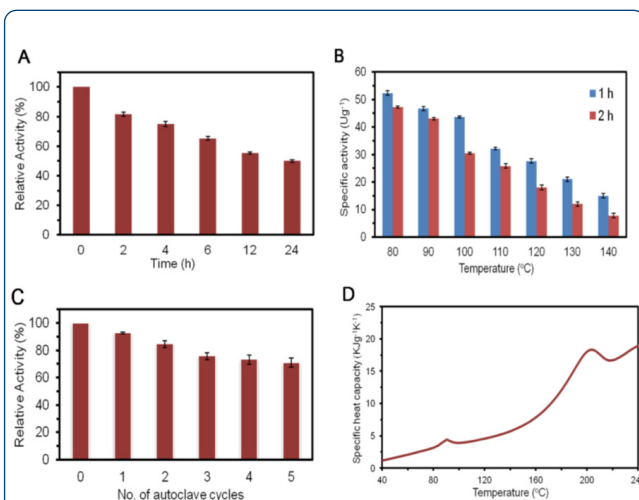
lignin forms the most complex structure owing to its complex linkages like $\beta\text{-O-4}$, $\beta\text{-}\beta$, $5\text{-}5$, $\beta\text{-}5$, $\beta\text{-O-4}$, which makes it difficult to valorise. Due to this recalcitrant nature of the polymer, it is underutilised and less explored. Hence, valorisations of lignin have gained lot of attentions over the years. Among all the lignin valorisation strategies catalytic depolymerisation of lignin is the most challenging and less studied method. Depolymerisation could be achieved through various methods like acid-based, oxidative, reductive and enzyme catalysed depolymerisation. Enzyme catalysed depolymerisation of lignin has not been much explored. Therefore, it becomes increasingly important for identification of enzymes that are capable of degrading different components of biomass. Such enzymes then could hold the potential for use in enzymatic consortia for valorisation of lignocellulosic biomass. In view of this, here we have identified and characterized the potential of a new class of mono-oxygenase in lignin valorisation.

In our recent study, we have identified a oxido-reductase, Lytic polysaccharide monooxygenase, capable of oxidising lignin. Lytic polysaccharide mono-oxygenases were earlier used for the oxidation of polysaccharide units of biomass. Here, the role of LPMO was explored in lignin depolymerisation. The identified enzyme, LPMO-AOAA17 was modified and recombinantly expressed in *E. coli* BL21. The synthetic enzyme was studied computationally for its structural stability through molecular dynamic simulations using GROMACS. Further the substrate specificity of the enzyme was studied. Recombinant enzyme did not show any characteristic cleavage of polysaccharides. However, it was found to be oxidising broad range of phenolic and non-phenolic monomers of lignin (Fig 9).



चित्र 9: एंजाइम एलपीएमओ - ए ओ ए 17 द्वारा ऑक्सीकरण के बाद विभिन्न सबस्ट्रेट्स का यूवी-स्पेक्ट्रा। (ए) 2, 6 डाइमैथोक्सीफेनोल; (बी) गुआयाकोल; (सी) 3,4-डाइमैथोक्सीबेन्जीन (विट्राइल अल्कोहल); (डी) वानिलिन अल्कोहल; और (ई) 1,2-डाइमैथोक्सीबेन्जीन।

पुनः संयोजक रूप से व्यक्त किया गया। GROMACS का उपयोग करके आणविक गतिशील सिमुलेशन के माध्यम से इसकी संरचनात्मक स्थिरता के लिए सिंथेटिक एंजाइम का कम्प्यूटेशनल रूप से अध्ययन किया गया था। इसके अलावा एंजाइम की सबस्ट्रेट विशिष्टता का अध्ययन किया गया था। पुनः संयोजक एंजाइम ने पॉलीसेकेराइड का कोई विशिष्ट विभाजन नहीं दिखाया। हालांकि, यह लिग्निन के फेनोलिक और गैर-फेनोलिक मोनोमर्स की व्यापक श्रेणी का ऑक्सीकरण करता पाया गया (चित्र 9)। जैव रासायनिक अध्ययन ने दिखाया है कि पीएच 7 और 100 डिग्री सेल्सियस पर एलपीएमओ-एओए 17 अत्यधिक स्थिर और सक्रिय था। एंजाइम एलपीएमओ - ए ओ ए 17 को भी 121 डिग्री सेल्सियस और 15 पाउंड प्रति वर्ग इंच पर ऑटोक्लेविंग के बाद स्थिर पाया गया। इसके अलावा, एंजाइम 100 डिग्री सेल्सियस से अधिक तापमान पर अपनी गतिविधि बनाए रखने में सक्षम था। एलपीएमओ - ए ओ ए 17 की थर्मल स्थिरता की पुष्टि डिफरेंशियल स्कैनिंग कैलोरीमेट्री के माध्यम से की गई और वक्र के द्विध्रुवीय पैटर्न को दिखाया गया। वक्र ने दिखाया कि पिघलने का तापमान 1, 92 और 94 डिग्री सेल्सियस के बीच था और तापमान 2, 193 और 195 डिग्री सेल्सियस के बीच था। तापमान 1 एंजाइम की मामूली पिघलने को दर्शाता है, वो भी सिर्फ कुल विशिष्ट ऊष्मा का 25% अवशोषित करते हुए। जबकि टीएम 2 के शिखर ने संकेत दिया कि बड़ी मात्रा में गर्मी अवशोषित हो गई थी और इसके परिणामस्वरूप एंजाइम पूरी तरह से पिघल गया था। उच्च टीएम ने एंजाइम की उच्च तापीय स्थिरता का संकेत दिया। द्विध्रुवीय चोटियाँ टीएम 1 पर चरण संक्रमण के कारण हो सकती हैं जिसके परिणामस्वरूप अधिक स्थिर संरचना होती है जो उच्च तापमान पर पिघलती है, एंजाइमों को इस तरह की एक थर्मल स्थिरता प्रदान करती है (चित्र 10)। गैस क्रोमैटोग्राफी- मास स्पेक्ट्रोस्कोपी ने दिखाया कि एलपीएमओ - ए ओ ए 17 लिग्निन डिमर गाइसिल I ग्लिसरॉल β- गाइसिल ईथर को भी मोनोमर गुआयाकोल में तोड़ने में सक्षम है।



चित्र 10: एंजाइम एलपीएमओ - ए ओ ए 17 24 घंटे के लिए 100 डिग्री सेल्सियस पर थर्मल स्थिरता (ए), हाइपरथर्मल स्थिरता (बी), विभिन्न ऑटोक्लेव चक्रों के दौरान एंजाइम की स्थिरता (सी) और एंजाइम का घनत्व स्कैनिंग कैलोरीमेट्री वक्र (डी)। डेटा तीन प्रतिकृति \pm मानक विचलन (मतलब \pm एसडी; एन = 3) के माध्य का प्रतिनिधित्व करता है।

प्रमुख उपलब्धियां

- नियंत्रण की तुलना में, गतिशील ऑसिलेटरी (जी*, जी, जटिल चिपचिपाहट और जटिल मापांक, जी* अध्ययनों ने LMP-योगहर्ट्स में उच्च लोच और जेल शक्ति का दस्तावेजीकरण किया है।
- जी* के लिए पावर लॉ मापदंडों ने दही में जेल की ताकत पर बढ़ते प्रभाव की पुष्टि की है। संवेदी पसंद पैरामीटर लोचदार, चिपचिपा मापांक या जटिल चिपचिपाहट के साथ सहसंबद्ध थे और एलएमपी-दही की समग्र पसंद में सुधार हुआ था। एलएमपी बेहतर संवेदी पसंद के साथ कम वसा वाले सैंट दही के स्थिरीकरण के लिए एक संभावित घटक के रूप में उभरा।
- पृथक एसोटीबैक्टर पेस्टुरियनस आरएसवी -4 का उपयोग करके मट्ठा पर उत्पादित बैक्टीरियल सेल्यूलोज की विशेषता। एल-एआई और बिटा-गैल के एसोएलईए और कॉम्बी-सीएलईए का उपयोग करके गैलेक्टोज और लैक्टोज से दुर्लभ चीनी डी-टैगाटोज के संश्लेषण के लिए प्रक्रिया को अनुकूलित किया। संश्लेषित सीएलईए का पुनर्चक्रण दस से अधिक चक्रों के लिए पाया गया। एसईएम और कान्फोकल माइक्रोस्कोपी का उपयोग करके संश्लेषित सीएलईए की विशेषता।
- एक अद्वितीय LPMO-AOAA17 को फेनोलिक और गैर-फेनोलिक लिग्निन मोनोमर्स की विस्तृत श्रृंखला को ऑक्सीकरण करने के लिए पहचाना गया है।
- एलपीएमओ-एओए 17 की पीएच 7 पर इष्टतम गतिविधि है और 100 डिग्री सेल्सियस पर इष्टतम गतिविधि के साथ उच्च तापमान पर स्थिर था है।
- एलपीएमओ-एओए 17 लगातार 5 साइकिल के लिए उच्च तापमान और ऑटोक्लेव के दबाव की स्थिति में स्थिर था और अपनी गतिविधि का 75% से अधिक बनाए रखा।
- एलपीएमओ - ए ओ ए 17 लिग्निन डिमर गाइसिल ग्लिसरॉल β- गाइसिल ईथर को क्रायोन रेडिकल मैकेनिज्म द्वारा, मोनोमर गुआयाकोल में तोड़ने में सक्षम है।

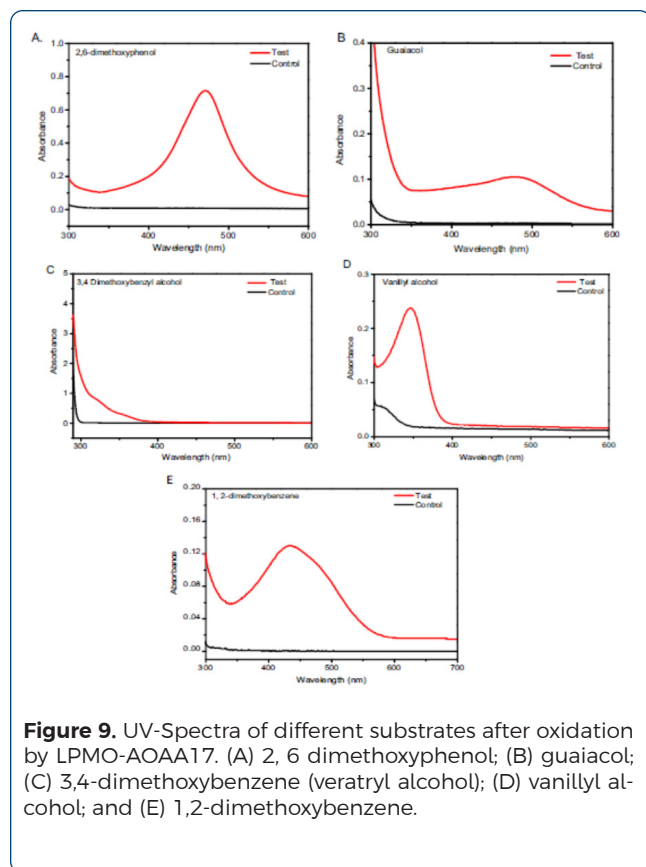


Figure 9. UV-Spectra of different substrates after oxidation by LPMO-AOAA17. (A) 2, 6 dimethoxyphenol; (B) guaiacol; (C) 3,4-dimethoxybenzene (veratryl alcohol); (D) vanillyl alcohol; and (E) 1,2-dimethoxybenzene.

Biochemical study revealed the optimum activity of LPMO-AOAA17 at pH 7 and was highly stable and active at 100°C. The enzyme LPMO-AOAA17 was also observed to be stable after autoclaving at 121°C and 15 psi. Further, the enzyme was able to retain its activity at temperatures higher than 100°C. Thermal stability of the LPMO-AOAA17 was further confirmed through differential scanning calorimetry and showed biphasic pattern of the curve. The melting temperatures were, Tm1 between 92°C and 94°C and the Tm2 between 193°C and 195°C. Tm1 indicated the slight melting of the enzyme with ~25% of total specific heat was absorbed. Whereas the peak of Tm2 indicated that large amount of heat was absorbed and this was resulted in complete melting of the enzyme. Higher Tm indicated the higher thermal stability of the enzyme. The biphasic peaks can be due to phase transition at Tm1 resulting in more stable structure which melts at higher temperatures, imparting such an observed thermal stability to the enzymes (Fig 10). GC-MS analysis has confirmed the catalysis of the newly identified LPMO-AOAA17 for the depolymerisation of lignin dimer, guaiacyl glycerol β-guaiacyl ether into guaiacol.

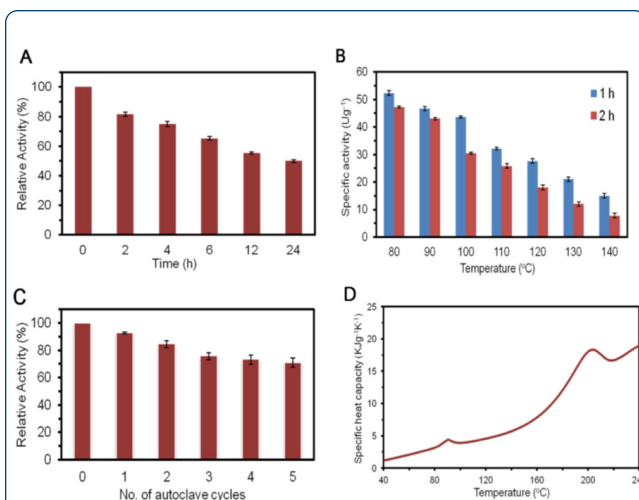


Figure 10. Thermal stability of enzyme at 100 °C for 24 h (A), hyperthermal stability of the enzyme LPMO-AOAA17 (B), stability of enzyme during different autoclave cycles (C) and DSC of the enzyme LPMO-AOAA17 indicating its Tm (D). The data represent the mean of three replicates ± standard deviation (mean ± SD; n = 3).

Salient Achievements

- ◆ In comparison to control, dynamic oscillatory (G' , G'' , complex viscosity and complex modulus, G^*) studies have documented higher elasticity and gel strength in LMP-yoghurts.
- ◆ The power law parameters for G^* have confirmed the increased effect on gelation strength in yoghurt. Sensory liking parameters were correlated with elastic, viscous modulus or complex viscosity and overall liking of LMP-yoghurt was improved. LMP emerged as a potential ingredient for stabilization of low-fat set yoghurt with improved sensory liking.
- ◆ Characterised the bacterial cellulose produced on whey using isolated *Acetobacter pasteurianus* RSV-4. Optimized the process for synthesis of rare sugar D-tagatose from galactose and lactose using mCLEA and Combi-mCLEA of L-AI and β-gal. Recyclability of synthesised CLEAs was found for more than ten cycles. Characterised the synthesised CLEAs using SEM and confocal microscopy.
- ◆ Successfully recovered nanosilica and nanolignin from sugarcane biomass. Process optimized for the simultaneous separation of pure silica nanocubes and spherical-shaped lignin. Nanosilica and nanolignin were used to fabricate membrane film and used to treat waste water. Fabrication of synthesised nanoparticles into membrane film has suggested the potential of these materials in the development of functional nanocomposites.
- ◆ A unique LPMO-AOAA17 has been identified to oxidise wide range of phenolic and non-phenolic lignin monomers.
- ◆ The LPMO-AOAA17 has an optimum activity at pH 7 and was stable at high temperatures with optimum activity at 100 °C.
- ◆ LPMO-AOAA17 was stable at high temperature and pressure conditions of autoclave for 5 consecutive cycles and retained more than 75% of its activity.

रसायन अभियान्त्रिकी



डॉ. शाश्वत गोस्वामी

वैज्ञानिक-एफ

रिसर्च फेल्लो

अनूप कुमार, बुलबुल गुप्ता,
सुभाषिण दत्ता, रेणुका,
अंजना, हर्षदीप राणा,
किरण किशोर खण्डारे, मनाली सिंह

विशेषज्ञता

एग्रो वेस्ट वोलराइजेशन के लिए केमिकल इंजीनियरिंग; किण्वन,
बायोपॉलिमर प्रक्रिया विकास के लिए प्रौद्योगिकी; एंजाइम प्रोटीन;
एंजाइम प्रक्रिया विकास; प्रोटीन शुद्धि

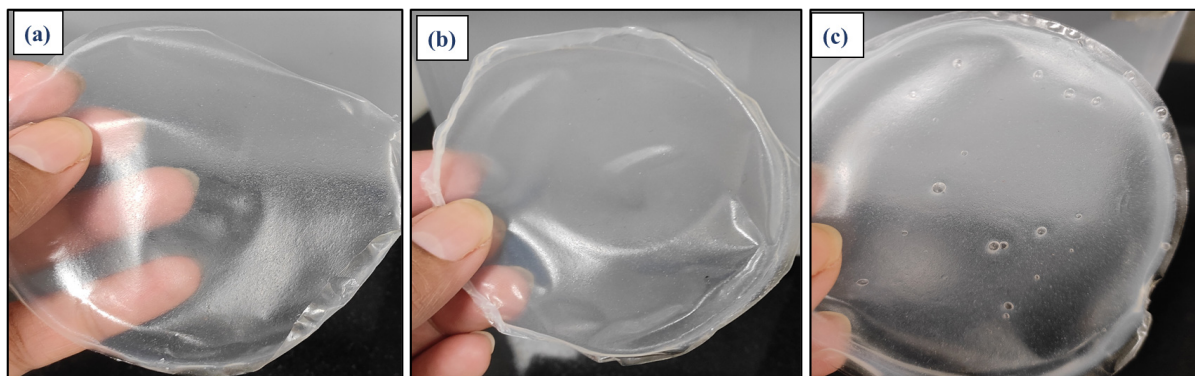
पैकेजिंग सामग्री ज्यादातर पेट्रोलियम आधारित पॉलिमर से उत्पादित की जाती है, जो गैर-बायोडिग्रेडेबल हैं। हाल ही में व्यापक रूप से उपयोग किए जाने वाले प्लास्टिक पैकेज पॉलीओलेफिन (पॉलीप्रोपाइलीन और पॉलीइथाइलीन) शामिल हैं और एरोमैटिक पॉलीएस्टर (पॉली-एथिलीन टेरेफ्थैलेट)। सिंथेटिक का बढ़ता और व्यापक उपयोग पैकेजिंग फिल्मों ने गंभीर पर्यावरण का कारण बना है इसकी गैर-बायोडिग्रेडेबिलिटी के कारण चिंताएं (वाइल्डन और लुबिस 2021)। बायोपॉलिमर आधारित फिल्में हैं विकल्प प्लास्टिक पैकेजिंग के लिए। बायोपॉलिमर आधारित फिल्में प्लास्टिक पैकेजिंग के लिए विकल्प हैं। सेल्यूलोज और प्रोटीन

योडिग्रेडेबल पॉलिमर हैं स्टार्च जैसे विभिन्न प्राकृतिक संसाधनों से प्राप्त। उनके कई फायदे हैं गैर-विषाक्त, जैव-संगत, खाद्य और नवीकरणीय सहित (तांग एट अल। 2018)। ग्वार गम प्राकृतिक हाइड्रोकार्बन होते हैं जिनके पास भोजन, फार्मास्यूटिकल्स, पर्यावरण, ऊतक इंजीनियरिंग, दवा वितरण, और बायोमेडिसिन में अनुप्रयोग हैं (जुसेन एट अल। 2020)। ग्वार गम (जीजी) गैर-आयनिक, पानी में घुलनशील पॉलीसेकेराइड है, जो व्यापक रूप से खाद्य उद्योग में एक मोटा और स्टेबलाइजर के रूप में उपयोग किया जाता है (सौरभ एट अल। 2015)। भारत में जीजी उत्पादन मात्रा वैश्विक उत्पादन का 80% है। यह एक लंबी रैखिक β -(1.4)-मैनोज बैकबोन से बना है जिससे β -(1.6)-लिंक्ड गैलेक्टोज अवशेष जुड़े हुए हैं (त्रिपाठी एट अल। 2019)। इसकी संरचना में उच्च हाइड्रॉक्सिल समूहों की संख्या के कारण जीजी पानी में अत्यधिक घुलनशील है और अच्छी फिल्म है बनाने की क्षमता है। वर्तमान अध्ययन का उद्देश्य ग्वारगम आधारित फिल्मों के यांत्रिक गुण में वृद्धि करना है पॉलीइथाइलीन ग्लाइकॉल और साइट्रिक एसिड के द्वारा।

1. ग्वार गम/सीएनसी/पीईजी आधारित कंपोजिट तैयार करना

ग्वारगम/सीएनसी/पीईजी आधारित बायोफिल्म का संश्लेषण के लिए, बराबर सीएनसी और ग्वारगम के दाढ़ अनुपात 50 एमएल आसुत जल अलग-अलग बीकरों में भंग कर दिए गए थे। 2 घंटे के लिए कमरे के तापमान पर हलचल। फिर सीएनसी, जीजी घोल में डालें और मिलाएँ। अभी ऊपर के मिश्रण में पीईजी और साइट्रिक एसिड डालें और मिलाएँ 2 घंटे के लिए 50 °C पर। फिल्म तैयार करने का घोल समान रूप से कांच की प्लेट की सतह पर डाला गया। सुखाने के लिए, प्लेटों को कमरे के तापमान पर रखा गया था। तैयार फिल्म के नमूनों को मैनुअल रूप से निकाल दिया गया था। तन्य शक्ति और संश्लेषित फिल्मों के यंग मापांक को मापा गया परम तन्यता परीक्षण मशीन शिमदजु का उपयोग के साथ (टेन्साइल ग्रीप्स से लैस 50 kN लोड सेल)।

संश्लेषित फिल्मों का चित्र: चित्र 1 दिखाता है ग्वारगम/सीएनसी/पीईजी का चित्रलेख। आंकड़े 1 ए-सी से पता चलता है प्राप्त फिल्में पारदर्शी और लचीली होती हैं। साथ में जीजी में सीएनसी के वजन% को 0.3% से 0.7% तक अलग करना, फिल्मों की गुणवत्ता में सुधार हुआ। हालांकि,



चित्र 1: सीएनसी के अलग-अलग वजन wt% के साथ ग्वारगम/सीएनसी/पीईजी का चित्रलेख (ए) 0.3 wt% (बी) 0.7 wt% (सी) 1 wt%।

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 packaging materials are mostly produced from petroleum-based polymers, which are non-biodegradable. Recently widely used plastic packages includes polyolefin (polypropylene and polyethylene) and aromatic polyesters (poly- (ethylene terephthalate)). The growing and widespread usage of synthetic packaging films have caused the severe environmental concerns because of its non-biodegradability (Wildan and Lubis 2021). Biopolymer-based films are alternatives to plastic packaging. Biodegradable polymers are obtained from various natural resources such as starch,

cellulose, and protein. They have several advantages including non-toxic, biocompatible, edible and renewable (Tang et al. 2018). Gums are natural hydrocolloids that have applications in food, pharmaceuticals, the environment, tissue engineering, drug delivery, and biomedicine (Jussen et al. 2020). Guar gum (GG) is a nonionic, water-soluble polysaccharide, that is widely used in the food industry as a thickener and stabilizer (Saurabh et al. 2015). GG production in India amounts for 80% of global output. It is composed of a long linear β -(1.4)-mannose backbone to which β -(1.6)-linked galactose residues are attached (Tripathi et al. 2019). GG is highly soluble in water owing to high number of hydroxyl groups in its structure and has good film forming ability. The aim of present study is to enhance the mechanical properties of guar gum based films by incorporating the polyethylene glycol and citric acid as plasticizer and co-plasticizer respectively.

1. Preparation of guar gum/CNC/PEG based composite films

Preparation of Guar gum/CNC/PEG based biofilms: To synthesize Guar gum/CNC/PEG based biofilms, equal molar ratios of CNC and guar gum were dissolved in 50 mL distilled water in separate beakers. Solutions were stirred for 2 hours at room temperature. Then add CNC solution into GG solution under vigorous stirring. Now add PEG and citric acid into above mixture and stir at 50 °C for 2 hours. To prepare the film, solution was poured and spread evenly onto surface of glass plate. For drying, plates were then kept at room temperature. The prepared film samples were manually peeled off and subjected to analyses. The tensile strength and young's modulus of synthesized films was measured using ultimate tensile testing machine Shimadzu with a 50 kN load cell equipped with tensile grips.

Pictograph of synthesized films: Figure 1 shows the pictograph of Guar gum/CNC/PEG. Figures 2a-c reveals that obtained films are transparent and flexible. With varying the weight % of CNC in GG from 0.3 % to 0.7%, the quality of films was improved. However, with in-

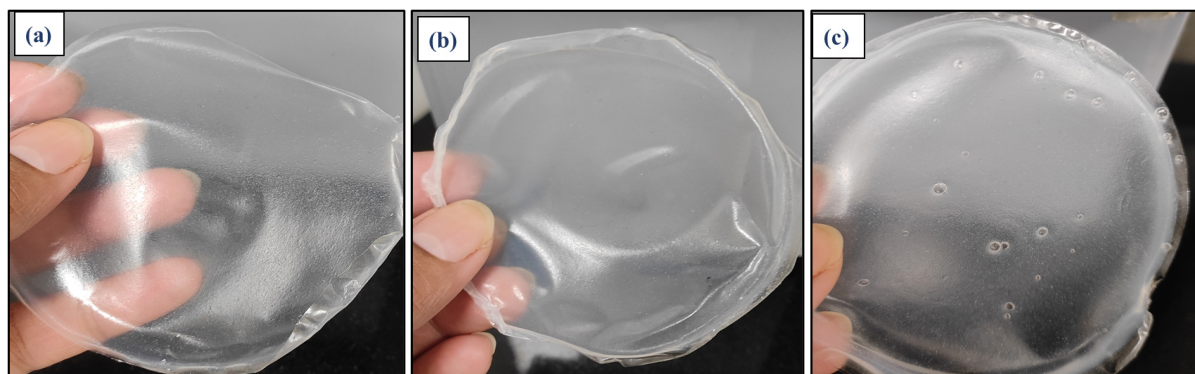
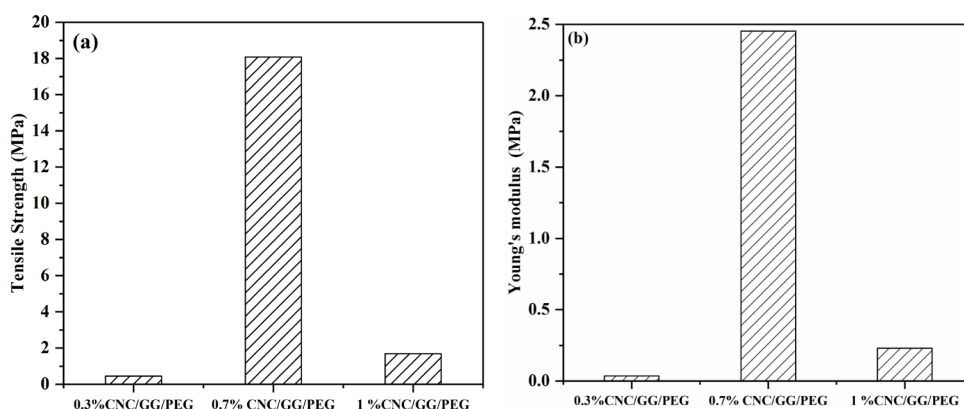


Figure 1. Pictograph of Guar gum/CNC/PEG with varying wt% of CNC (a) 0.3 wt% (b) 0.7 wt% (c) 1 wt%.



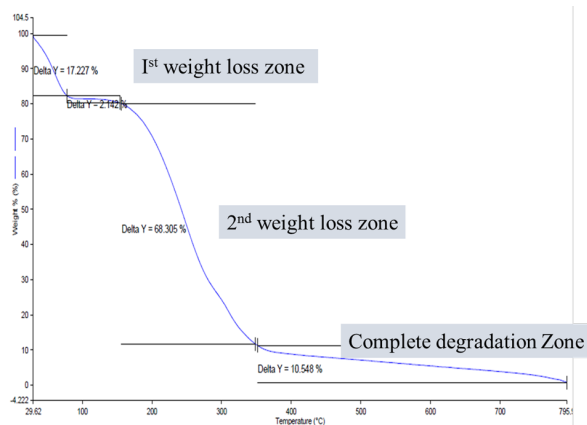
चित्र 2: (ए) तन्यता ताकत (बी) जीजी/सीएनसी/पीईजी का यंग मापांक

सीएनसी सांद्रता में 1% तक की वृद्धि के साथ, घोल के गाढ़ा होने के कारण बुदबुदाहट देखी गई। इस प्रकार, 0.7% सीएनसी को आगे की पढ़ाई के लिए चुना गया है।

यांत्रिक गुण: औसत तन्य शक्ति 18 एमपीए और यंग का 2.4 एमपीए का 0.7% सीएनसी/जीजी/पीईजी 0.3% सीएनसी/से अधिक पाया गया जीजी/पीईजी और 1% सीएनसी/जीजी/पीईजी जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है।

थर्मोग्रैविमेट्रिक विश्लेषण: प्रारंभिक वजन घटाने 30-100 डिग्री सेल्सियस के तापमान रेंज में 17.227% पाया गया, भौतिक रूप से सोखे गए पानी के वाष्पीकरण के कारण था। 68.305% की अधिकतम वजन घटाने में दर्ज की गई थी 220-350 डिग्री सेल्सियस की सीमा। साथ पूर्ण गिरावट वजन घटाने का 10.548% 560 डिग्री सेल्सियस पर हुआ। पूरा गिरावट 350 और 800 डिग्री सेल्सियस के बीच देखी गई बहुलक मिश्रित की उच्च तापीय स्थिरता की पुष्टि करता है फिल्म जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है।

2. सांख्यिकीय अनुकूलन द्वारा प्रक्रिया अनुकूलन फलों के रस उद्योग के कचरे से पेक्टिन निष्कर्षण के लिए और इसकी विशेषता



चित्र 1: 0.7% सीएनसी / जीजी / पीईजी बायोफिल्म का टीजीए ग्राफ।

भारत कई फलों के सबसे बड़े उत्पादकों में से एक है, सब्जियों और अन्य बागवानी उत्पादों में कुल का लगभग 9.54% योगदान के साथ दुनिया विश्व का फल उत्पादन [1]। वित्तीय वर्ष 2021 के दौरान, यह अनुमान लगाया गया है रस और अमृत के लिए फल वैश्विक बाजार का 50 अरब पहुंच जाता है [2]। भारत में हर साल फेंक दी गई फलों और सब्जियों का अनुमानित मूल्य 13,300 करोड़ रुपये की बर्बादी है [3]। भारत में इसी तरह, उप-उत्पादों का बड़ा प्रतिशत औद्योगिक प्रक्रियाओं के विभिन्न चरणों द्वारा उत्पन्न होते हैं- छिलके, बीज, और अप्रयुक्त मांस आदि। ये बायोमास बड़ी मात्रा में ठोस अपशिष्ट लिग्नोसेल्यूलोसिक (सेल्यूलोज, हेमिकेलुलोज, लिग्निन और पेक्टिन), घुलनशील शर्करा और आवश्यक तेल आदि से भरपूर होते हैं जो मूल्यवान हो सकते हैं प्राकृतिक फल आधारित उत्पादों का उत्पादन करने के लिए।

पेक्टिन, एक एसिड घुलनशील संरचनात्मक हेटरोपॉलीसेकेराइड उच्च पौधों की कोशिका भित्ति मध्य लैमेल्ला, प्राथमिक और माध्यमिक में मौजूद है, दिन-ब-दिन ध्यान आकर्षित करती है विभिन्न फार्मास्युटिकल और बायोमेडिकल अनुप्रयोगों के लिए। वाणिज्यिक पेक्टिन उत्पादन के प्रमुख स्रोत सेब पोमेस, खट्टे छिलके और चुकंदर का गूदा हैं [4]। पेक्टिन में α -D-गैलेक्टुरोनिक एसिड शामिल है। α -1,4-ग्लाइकोसिडिक बॉन्ड से जुड़े अवशेष, अलग-अलग के साथ मिथाइल एस्ट्रिफाइड गैलेक्टुरोनिक एसिड का अनुपात समूह, और पक्ष के रूप में एक निश्चित संख्या में तटस्थ शर्करा जंजीर। तीन प्रमुख पेक्टिक पॉलीसेकेराइड मौजूद हैं पेक्टिन में मोगैलेक्टुरोन (50-90%), रमनोगैलेक्टुरोन-I (20-35%), और रमनोगैलेक्टुरोन-द्वितीय, जहां रमनोगैलेक्टुरोन “चिकनी” क्षेत्र के लिए जिम्मेदार है और रमनोगैलेक्टुरोन पॉलीसेकेराइड हैं पेक्टिन के “बालों वाले” क्षेत्रों के लिए जिम्मेदार, जिसमें अधिकांश तटस्थ शर्करा मौजूद हैं [5]। हाल के अध्ययन के अनुसार, खनिज अम्लों से प्राप्त पेक्टिन उपज जैसे H_2SO_4 , HNO_3 , और HCl तुलनात्मक रूप से कार्बनिक अम्लों से कम है [6-7]। इसके अलावा, कच्चे माल से पेक्टिन को मुक्त करने के लिए सेल की दीवार की संरचना को तोड़ने के लिए एंजाइमी निष्कर्षण कर्षण प्रक्रिया (सेल्युलेस, एंडो-सेल्यूलस, पेक्टिनेज, जाइलानेज, एंडो-जाइलनेज आदि जैसे एंजाइमों का उपयोग करके) को भी नियोजित किया गया है। हालांकि, उच्च परिचालन लागत और एंजाइम की गैर-वसूली इन जैव प्रौद्योगिकी विधियों [8-9] के व्यावसायीकरण को प्रतिबंधित करती है। अन्य गैर-पारंपरिक निष्कर्षण तकनीकों जिसमें माइक्रोवेव, अल्ट्रासाउंड

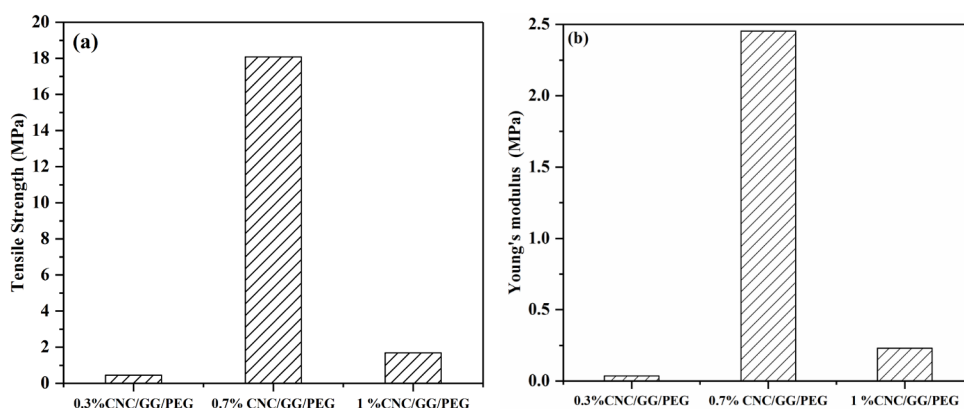


Figure 2. (a) Tensile Strength (b) Young's modulus of GG/CNC/PEG

crease in CNC concentration upto 1%, bubbling was observed due to thickening of solution. Thus, 0.7 % CNC have been chosen for further studies.

Mechanical Properties: The average tensile strength of 18 Mpa and Young's modulus of 2.4 MPa of 0.7% CNC/ GG/PEG was found to be higher than that of 0.3% CNC/ GG/PEG and 1% CNC/GG/PEG as shown in Fig. 2.

Thermogravimetric analysis: The initial weight loss of 17.227 % found in the temperature range of 30-100 °C, was due to the evaporation of physically adsorbed water. Maximum weight loss of 68.305% was recorded in the range of 220-350 oC. Complete degradation with 10.548% of weight loss occurred at 560 °C. The complete degradation was observed between 350 and 800 °C confirmed high thermal stability of polymer composite film as shown in Fig. 3.

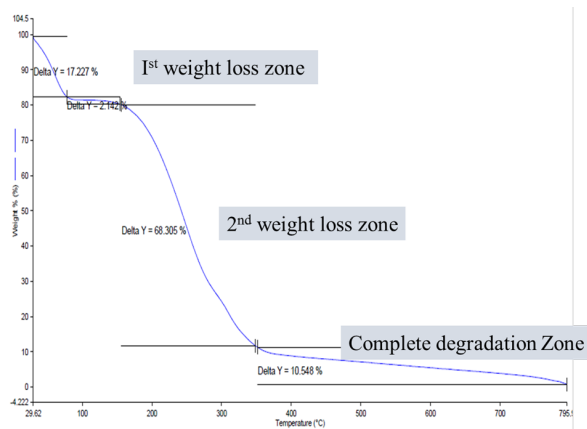


Figure 3. TGA graph of 0.7 % CNC/ GG/PEG biofilms.

2. Process optimization by statistical optimization for pectin extraction from fruit juice industry waste and its characterization

India is among the largest producers of many fruits, vegetables and other horticultural products in the world with approximately 9.54% contribution of the total fruit production of the world [1]. During fiscal year 2021, it has been estimated the global market for fruit juice and nectars is reached to the volume of 50 billion litres [2]. The estimated worth of fruits and vegetables wastage is of Rs 13,300 crore, that has been thrown every year in India [3]. One of main reason behind this wastage is that only half no. of cold storage i.e., approximately 6,300 cold storage facilities (with an installed capacity of 30.11 million metric tonnes) are available in India. Similarly, the large percentage of by-products are generated by different steps of the industrial processes i. e. peels, seeds, and unused flesh etc. These large amounts of solid wastes are rich in lignocellulosic biomass (cellulose, hemicellulose, lignin and pectin), soluble sugars and essential oils etc. that could be valuable to produce natural fruit-based products.

Pectin, an acid soluble structural heteropolysaccharide present in middle lamella, primary, and secondary cell walls of higher plants, seeking attention day by day for various pharmaceutical and biomedical application. The major sources for commercial pectin production are apple pomace, citrus peels, and sugar beet pulp [4]. Pectin encompasses α -D-galacturonic acid (Gal A) residues linked with β -1,4-glycosidic bonds, with varying proportions of methyl esterified galacturonic acid groups, and a certain number of neutral sugars as side chains. The three major pectic polysaccharide exists in pectin are homogalacturonan (50-90%), rhamnogalacturonan-I (20-35%), and rhamnogalacturonan-II, where homogalacturonan is responsible for "smooth" regions and rhamnogalacturonan polysaccharides are responsible for "hairy" regions of pectin, in which most of the neutral sugars are present [5]. According to recent studies, pectin yield obtained from mineral acids like H₂SO₄, HNO₃, and HCl is comparatively lower as unlike organic acids [6-7]. Beside this, enzymatic ex-

और सबक्रिटिकल पानी का उपयोग शामिल है, लेकिन कम पेक्टिन उपज के कारण उनके व्यावसायीकरण को सीमित करता है। [10]।

वर्तमान में, शुद्धिकरण की आवश्यकता के साथ-साथ पेक्टिन के डीपोलीमराइजेशन की समस्या, खतरनाक खनिज एसिड के उपयोग को सीमित करती है। इसलिए, कार्बनिक अम्ल या कमजोर अम्ल जैसे एसिटिक एसिड, जलीय अमोनियम ऑक्सालेट, साइट्रिक, मैलिक, टार्टरिक एसिड वाणिज्यिक पेक्टिन निष्कर्षण [11-12] के लिए अनुकूल हैं। इसके विपरीत, अन्य कार्बनिक अम्ल साइट्रिक एसिड में तुलनात्मक रूप से बेहतर हाइड्रोलाइजिंग क्षमता होती है। सेब पोमेस, कोको भूसी, और साइट्रिक एसिड के साथ जुनून फलों के छिलके से पेक्टिन निष्कर्षण की रिपोर्ट पहले हाइड्रोक्लोरिक एसिड से प्राप्त पेक्टिन उपज के साथ तुलनीय पेक्टिन उपज के साथ की गई है [13-14]। इसलिए, कार्बनिक अम्लों को उनकी कम पृथक्करण क्षमता के कारण पेक्टिन निष्कर्षण के लिए अधिक कुशल दृष्टिकोण माना जाता है, जिसके परिणामस्वरूप कम पेक्टिन पोलाइमराइजेशन होता है। साइट्रिक एसिड को कम से कम पेक्टिन डिग्रेडिंग (डीपोलीमराइजिंग और डीएस्टरीफाइंग) और अद्भुत जेलिंग गुणों के साथ बेहतर निकालने वाले एजेंट के रूप में खोजा गया है [15-16]। अल्कोहल (इथेनॉल, मेथनॉल या आइसोप्रोपेनॉल) अवक्षेपण प्रक्रिया का उपयोग एसिड उपचार के बाद पेक्टिन को जलीय अम्ल के अर्क से अलग करने के लिए किया जाता है। नतीजतन, पेक्टिन अवक्षेपित, अलग हो जाता है, और उसके बाद बाद में अल्कोहल या एसिड-अल्कोहल धोने से मिश्रण से मुक्त शर्करा, लवण और अन्य (एसिड-) अल्कोहल घुलनशील यौगिकों को निकालने में मदद मिलती है, इसलिए एसिड मुक्त पेक्टिन का उत्पादन होता है। इसलिए, अल्कोहल की धुलाई चीनी और छोटे आणविक भार के अन्य मुक्त घटकों (यानी मोनोसेकेराइड और डिसेकेराइड) को उनकी उच्च अल्कोहल-घुलनशीलता या डायलिसिस झिल्ली छिद्रों से गुजरने की क्षमता के कारण कुशलता से हटा देती है [17-18]। इनमें से, एसिड से पेक्टिन प्राप्त करने के लिए इथेनॉल का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। चूंकि इथेनॉल घोल के ढांकता हुआ स्थिरांक को कम करता है, इससे घोल में पेक्टिन की घुलनशीलता कम हो जाती है। इसके अलावा, इथेनॉल को इसकी अस्थिरता, गैर-विषाक्तता, परिचालन सुरक्षा और कम लागत के कारण दूसरों के बीच अल्कोहल को सबसे अच्छा पेक्टिन माना जाता है। इसलिए, अध्ययन का उद्देश्य पेक्टिन निष्कर्षण के लिए प्रक्रिया चर का अनुकूलन चार कारकों चार स्तरीय केंद्रीय समग्र प्रतिक्रिया सतह डिजाइन का उपयोग करके सर्वोत्तम प्रयोगात्मक स्थितियों को प्राप्त करने के लिए किया गया था। निष्कर्षण प्रक्रिया को प्रभावित करने वाले चार स्वतंत्र कारक इस प्रकार थे: साइट्रिक एसिड सांद्रता (एन), समय (मिनट), तापमान (°C) और आरपीएम। इस बीच, इस अध्ययन का उद्देश्य सेब पोमेस पेक्टिन के भौतिक-रासायनिक गुणों और अन्य लक्षणों (एफटीआईआर, एसईएम, टीजीए, डीएससी, एक्सआरडी, एनएमआर) की जांच करना था। पेक्टिन की निष्कर्षण प्रक्रिया के बारे में गतिविधियाँ नीचे लिखी गई हैं: पेक्टिन निष्कर्षण और पुनर्प्राप्ति, और लक्षण वर्णन।

केंद्रीय समग्र डिजाइन अनुकूलन और प्रयोगात्मक डेटा विश्लेषण:

सेब पोमेस (एपी) से साइट्रिक एसिड-असिस्टेड पेक्टिन निष्कर्षण की प्रक्रिया चर को अनुकूलित करने के लिए, सर्वोत्तम प्रयोगात्मक स्थितियों में चार कारक शामिल होते हैं, चार स्तरों के केंद्रीय समग्र प्रतिक्रिया सतह डिजाइन का चयन किया गया था। चार स्वतंत्र कारक (यानी साइट्रिक एसिड सांद्रता, समय, तापमान और आंदोलन) 30 रन (सीसीडी) के साथ निश्चित एसएलआर (1:25) स्तर के साथ किए गए थे। तालिका 1 के अनुसार,

तालिका 1. प्रयोगों का डिजाइन (डीओई) और पेक्टिन पैदावार के प्रयोगात्मक परिणाम।

Run	Citric Concentration (N)	Acid Temperature (°C)	Reaction Time (Min)	Agitation (RPM)	Pectin Yield (g/g) on dry basis	
					Experimental	Predicted
1	2	90	130	350	1.1446	1.2045
2	2	90	110	450	1.4066	1.3266
3	2.5	85	120	400	1.3021	1.3919
4	2	90	130	450	1.3828	1.3317
5	2	80	130	350	1.0545	1.0630
6	1.5	85	120	500	1.2512	1.1249
7	1.5	85	120	400	0.8964	0.9977
8	1.5	85	100	400	1.0524	0.9926
9	1.5	85	120	400	0.9272	0.9977
10	1.5	85	120	400	0.8681	0.9977
11	2	80	110	450	1.0792	1.1851
12	1	90	130	350	0.7702	0.8103
13	1.5	85	140	400	1.2007	1.0028
14	1	80	130	450	0.7681	0.7960
15	1	90	130	450	0.8342	0.9375
16	1	80	130	350	0.6412	0.6688
17	1	80	110	450	0.8722	0.7909
18	2	80	130	450	1.1437	1.1902
19	1.5	75	120	400	0.9622	0.8562
20	1.5	85	120	400	1.1124	0.9977
21	1	90	110	450	0.7562	0.9324
22	2	90	110	350	1.4691	1.1994
23	2	80	110	350	0.8838	1.0579
24	1.5	85	120	300	0.8740	0.8705
25	1	80	110	350	0.6945	0.6637
26	1.5	95	120	400	1.0911	1.1392
27	1.5	85	120	400	0.9238	0.9977
28	1	90	110	350	0.8136	0.8052
29	0.5	85	120	400	0.6443	0.6035
30	1.5	85	120	400	1.1107	0.9977

उच्चतम और निम्नतम निष्कर्षण उपज क्रमशः रन नंबर 22 (29.35%) और रन नंबर 16 (12.82%) से संबंधित थे। इसके अलावा, इष्टतम निष्कर्षण बिंदु (2.0N) साइट्रिक एसिड एकाग्रता, 90 डिग्री सेल्सियस तापमान, 119.99 मिनट समय, 449.99 आरपीएम आंदोलन) में, एपी पेक्टिन निष्कर्षण उपज (समीकरण.1) के लिए अनुमानित मॉडल का उपयोग करके 26.09% की निष्कर्षण उपज प्राप्त की गई थी। इस सीसीडी मॉडल का मूल्यांकन सभी 30 रनों द्वारा उल्लिखित शर्तों पर किया गया था। निष्कर्षण प्रक्रिया के लिए अनुमानित मॉडल की सटीकता इष्टतम परिस्थितियों में प्राप्त परिणामों (यानी 26.17%) द्वारा सुनिश्चित की जाती है। इसलिए, साइट्रिक एसिड-असिस्टेड एपी पेक्टिन निष्कर्षण से पता चलता है कि यह तकनीक एक अत्यधिक कुशल विधि है। यह उल्लेखनीय है कि इस अध्ययन में एपी पेक्टिन की निष्कर्षण उपज एसिटिक एसिड उपचार (19.6%), H₂SO₄ उपचार (16.13%), एचसीएल उपचार (10.5%) द्वारा सेब पोमेस से प्राप्त पेक्टिन के लिए रिपोर्ट किए गए परिणामों से अधिक थी। [18, 6, 48]। उच्च निष्कर्षण उपज के अलावा, यह कार्बनिक विलायक निष्कर्षण विधि पर्यावरण के अनुकूल है और हानिकारक एसिड से मुक्त है जिसका जीवों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है।

$$\text{पेक्टिन यील्ड (\%)} = -1.33583 + 0.394175^* X_1 + 0.014153^* X_2 + 0.000255^* X_3 + 0.001272^* X_4 \dots (1)$$

इसके अलावा, साइट्रिक एसिड एक खाद्य ग्रेड जीआरएएस प्रमाणित कार्बनिक अम्ल है और उपचार के बाद इसे आसानी से पुनर्प्राप्त किया जा सकता है। फिट मॉडल के महत्व स्तर और सटीकता की जांच के लिए लागू किए गए विचरण (एनोवा) का विश्लेषण और परिणाम तालिका 2 में दिए

traction process (using enzymes such as cellulase, endo-cellulase, pectinase, xylanase, endo- xylanase etc.) have also been employed to break cell wall structure to release pectin from raw materials. Although, the high operational cost and non-recoverability of the enzyme restricts commercialization of these biotechnological methods [8-9]. Other non-conventional extraction techniques that include the use of microwave, ultrasound and subcritical water have been applied for the isolation of pectin, but limits their commercialization on account of low pectin yield [10].

At present, need of purification as well as problem of depolymerization of pectin, limits the use of hazardous mineral acids. Therefore, organic acids or weak acids such as acetic acid, aqueous ammonium oxalate, citric, malic, tartaric acid are adapting in for commercial pectin extraction [11-12]. Unlike, other organic acids citric acid has comparatively better hydrolyzing capacity. Pectin extraction from apple pomace, cocoa husks, and passion fruit peel with citric acid have been reported previously, with comparable pectin yield to those obtained from hydrochloric acid [13-14]. Therefore, organic acids are considered as more efficient approach for pectin extraction, due to their low dissociation capacity which results in less pectin depolymerization. Citric acid is discovered as least pectin degrading (depolymerizing and de-esterifying) and better extracting agent with marvelous gelling properties [15-16]. Alcohol (ethanol, methanol or isopropanol) precipitation process is used to separate pectin from aqueous acid extracts after acid treatment. As a result, pectin is precipitated, separated, and after that subsequent alcohol or acid-alcohol washings helps to remove free sugars, salts, and other (acid-) alcohol soluble compounds from the mixture, therefore produce acid free pectin. Therefore, alcohol washing efficiently remove sugar and other free components of small molecular weight (i. e. monosaccharides and disaccharides) because of their high alcohol-solubility or ability to pass through dialysing membrane pores [17-18]. Among these, ethanol is widely used to obtain pectin from acid. As ethanol reduce the dielectric constant of the solution, it leads to lowering pectin solubility in the solution. Furthermore, ethanol is considered as best pectin precipitating alcohol among others, owing to its volatility, non-toxicity, operational safety, and low cost.

Therefore, the aim of the study was optimization of process variables for pectin extraction to obtain the best experimental conditions using four factors four level central composite response surface design. The four independent factors, that affecting the extraction process was follows: citric acid concentration (N), time (min), temperature (°C) and Agitation (RPM). Meanwhile, the objectives of this study were to examine the physicochemical properties and other characterizations (FTIR, SEM, TGA, DSC, XRD, NMR) of apple pomace pectin. The activities regarding extraction process of pectin are written as below: Pectin Extraction and recovery, and characterizations.

Central composite designed optimization and experimental data analysis: To optimize process variables of citric acid-assisted pectin extraction from

Table 1. Design of experiments (DOEs) and experimental results of the pectin yields.

Run	Citric Concentration (N)	Acid (N)	Temperature (°C)	Reaction Time (Min)	Agitation (RPM)	Pectin Yield (g/g) on dry basis	
						Experimental	Predicted
1	2		90	130	350	1.1446	1.2045
2	2		90	110	450	1.4066	1.3266
3	2.5		85	120	400	1.3021	1.3919
4	2		90	130	450	1.3828	1.3317
5	2		80	130	350	1.0545	1.0630
6	1.5		85	120	500	1.2512	1.1249
7	1.5		85	120	400	0.8964	0.9977
8	1.5		85	100	400	1.0524	0.9926
9	1.5		85	120	400	0.9272	0.9977
10	1.5		85	120	400	0.8681	0.9977
11	2		80	110	450	1.0792	1.1851
12	1		90	130	350	0.7702	0.8103
13	1.5		85	140	400	1.2007	1.0028
14	1		80	130	450	0.7681	0.7960
15	1		90	130	450	0.8342	0.9375
16	1		80	130	350	0.6412	0.6688
17	1		80	110	450	0.8722	0.7909
18	2		80	130	450	1.1437	1.1902
19	1.5		75	120	400	0.9622	0.8562
20	1.5		85	120	400	1.1124	0.9977
21	1		90	110	450	0.7562	0.9324
22	2		90	110	350	1.4691	1.1994
23	2		80	110	350	0.8838	1.0579
24	1.5		85	120	300	0.8740	0.8705
25	1		80	110	350	0.6945	0.6637
26	1.5		95	120	400	1.0911	1.1392
27	1.5		85	120	400	0.9238	0.9977
28	1		90	110	350	0.8136	0.8052
29	0.5		85	120	400	0.6443	0.6035
30	1.5		85	120	400	1.1107	0.9977

apple pomace (AP), the best experimental conditions comprise four factors four levels central composite response surface design were selected. The four independent factors (i. e. citric acid concentration, time, temperature and agitation) with 30 runs (CCD) were carried out with fixed SLR (1:25) level.

According to the Table 1, the highest and lowest extraction yields were related to the run number 22 (29.35%) and run number 16 (12.82%), respectively. Also, in the optimum extraction point (2.0N) citric acid concentration, 90 °C temperature, 119.99 min time, 449.99 rpm agitation), the extraction yield of 26.09% was achieved using predicted model for AP pectin extraction yield (Eq.1). This CCD model was evaluated by all 30 runs on the mentioned conditions. The accuracy of predicted model for extraction process ensured by the results obtained (i. e. 26.17%) under optimal conditions. Therefore, citric acid-assisted AP pectin extraction shows that this technique is a highly efficient method. It is noteworthy that the extraction yield of AP pectin in this study was higher than the reported results for the obtained pectin from apple pomace by acetic acid treatment (19.6%), H₂SO₄ treatment (16.13%), HCl treatment (10.5%) [18,6,48]. In addition to the high extraction yield, this organic solvent extraction method is eco-friendly and free from harmful acids that could have negative impact on organisms.

$$\text{Pectin Yield (\%)} = -1.33583 + 0.394175 * X_1 + 0.014153 * X_2 + 0.000255 * X_3 + 0.001272 * X_4 \quad \dots (1)$$

तालिका 2. पेक्टिन उपज के लिए वर्गों के अनुक्रमिक मॉडल योग का उपयोग करते हुए विचरण (एनोवा) का विश्लेषण।

Source	Sum of Squares	DF	Mean square	F-value	p value (Prob>F)	
Mean vs Total	29.86	1	29.86			
Linear vs Mean	1.15	4	0.2874	21.97	< 0.0001	Suggested
2FI vs Linear	0.0938	6	0.0156	1.27	0.3153	
Quadratic vs 2FI	0.0294	4	0.0074	0.5412	0.7080	
Cubic vs Quadratic	0.1180	8	0.0147	1.20	0.4103	Aliased
Residual	0.0858	7	0.0123			
Total	31.34	30	1.04			

तालिका 3. एक रैखिक मॉडल का उपयोग कर पेक्टिन यील्ड के लिए विचरण (एनोवा) का विश्लेषण।

Source	Sum of squares	DF	Mean square	F value	Prob>F	
Model	1.15	4	0.2874	21.97	< 0.0001	Significant
X ₁	0.9322	1	0.9322	71.27	< 0.0001	
X ₂	0.1202	1	0.1202	9.19	0.0056	
X ₃	0.0002	1	0.0002	0.0119	0.9140	
X ₄	0.0971	1	0.0971	7.42	0.0116 ^b	
Residual	0.3270	25	0.0131			
Lack of fit	0.2672	20	0.0134	1.12	0.4967	not significant
Pure error	0.0598	5	0.0120			
Cor Total	1.48	29				
Mean = 0.9977			Std. Dev. = 0.1144	C.V.(%) = 11.46	Adeq Precision = 16.8838	
R ² = 0.9599			Adj R ² = 0.7431	Pred R ² = 0.6751		

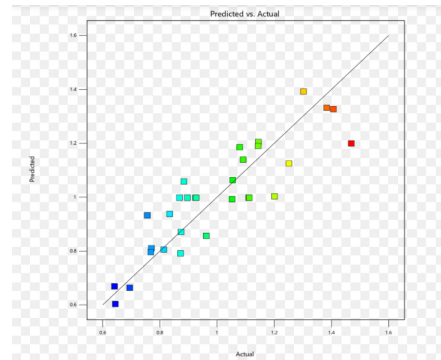
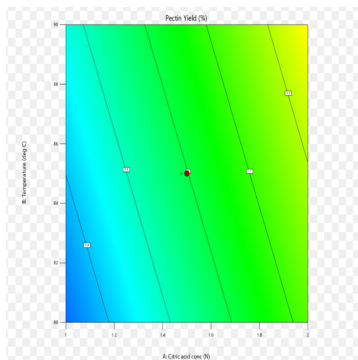
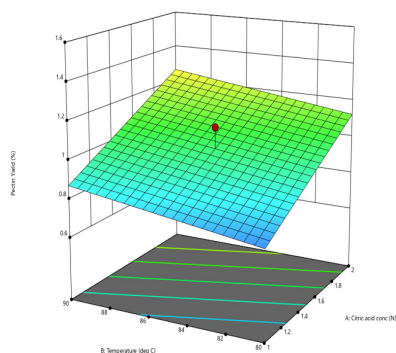
गए थे। पी-मान <0.05 और 0.01 सुझाव देते हैं कि मॉडल शब्द क्रमशः महत्वपूर्ण और अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं। मॉडल की अनुकूलता भी महत्वपूर्ण है यदि एफ-मान 6 है। परिणामों में, पेक्टिन निष्कर्षण उपज के लिए उच्च एफ-मूल्य -21.97 और कम पी-मूल्य-0.0001 पाए गए और साथ ही नगण्य कमी-की-फिट स्पष्ट रूप से इंगित की गई कि अनुमानित मॉडल महत्वपूर्ण हैं और सुझाए गए रैखिक मॉडल प्राप्त आंकड़ों के साथ अच्छी तरह फिट थे। इसके अलावा, पेक्टिन निष्कर्षण उपज (यानी 95.99%) के लिए निर्धारण गुणांक उच्च पाया गया और प्रदर्शित किया गया कि चर और प्रतिक्रियाओं के बीच संबंध को प्रस्तावित मॉडल द्वारा सटीक और सटीक रूप से समझाया जा सकता है। उपर्युक्त परिणामों के अनुसार, प्रस्तावित रैखिक मॉडल स्वतंत्र चर और प्रतिक्रियाओं के बीच संबंधों की भविष्यवाणी के लिए पूरी तरह से उपयुक्त है और उच्च-क्रम मॉडल की कोई आवश्यकता नहीं है।

पेक्टिन का स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपिक (एसईएम) अध्ययन:
स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (एसईएम) का उपयोग उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन के आकारिकी का निरीक्षण करने के

लिए किया गया था। दोनों पेक्टिन में ट्यूबलर और कुछ अनियमित आकार के कण होते हैं जिनकी लंबाई 500 माइक्रोन तक होती है। दोनों ही मामलों में पेक्टिन की आकृति विज्ञान अलग-अलग पाया गया। ईएपी कण असतत लम्बी रूप में प्रकट होते हैं जबकि वाणिज्यिक उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन कण क्लस्टर रूप में दिखाई देते हैं। स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप छवियों (चित्र 6) से पता चला है कि वाणिज्यिक उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन प्रकृति में क्रिस्टलीय और अनाकार दिखते हैं, लेकिन बड़ी संख्या में खांचे की उपस्थिति के साथ खुरदरी सतह होती है।

थर्मोग्रैविमेट्रिक विश्लेषण (टीजीए):

उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन दोनों के थर्मोग्रैविमेट्रिक विश्लेषण ने तापमान के खिलाफ वजन घटाने को दिखाया और परिणाम चित्र 9 और 10 में दिए गए थे। यह देखा गया कि दोनों पेक्टिन के थर्मोग्रैविमेट्रिक वक्र एक दूसरे के समान थे, और उनके तीन क्षेत्र थे (50-190 °C, 190-400 °C और 400-650 °C) जो अन्य अध्ययनों में भी रिपोर्ट किए गए थे। पहले क्षेत्र (50-190 °C) में पानी के वाष्पीकरण के कारण धीमी गति से वजन कम हुआ। दूसरे क्षेत्र (190-400 °C) में,



चित्र 4: पेक्टिन निष्कर्षण के 3-डी समोच्च रेखांकन को प्रभावित करने वाले मापदंडों (साइट्रिक एसिड और प्रतिक्रिया तापमान की एकाग्रता) के साथ।

चित्र 5: अनुमानित मूल्य बनाम आरएसएम डिजाइन से वास्तविक मूल्य का स्कैटर प्लॉट।

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) using Sequential Model Sum of Squares for pectin yield.

Source	Sum of Squares	DF	Mean square	F-value	p value (Prob>F)	
Mean vs Total	29.86	1	29.86			
Linear vs Mean	1.15	4	0.2874	21.97	< 0.0001	Suggested
2FI vs Linear	0.0938	6	0.0156	1.27	0.3153	
Quadratic vs 2FI	0.0294	4	0.0074	0.5412	0.7080	
Cubic vs Quadratic	0.1180	8	0.0147	1.20	0.4103	Aliased
Residual	0.0858	7	0.0123			
Total	31.34	30	1.04			

Moreover, citric acid is a food grade GRAS certified organic acid and can be easily recovered after treatment. The analysis of variance (ANOVA) applied to check the significance level and accuracy of the fitted models and the results were given in Table 2. P- value < 0.05 and 0.01 suggest that model terms are significant and highly significant, respectively. The compatibility of the model is also significant if the F- value is ≥ 6 . In the results, high F-value i. e. 21.97 for pectin extraction yield and low P-value i. e. 0.0001 were found and also insignificant lack-of-fit clearly indicated that the predicted models are significant and the suggested linear model was well-fitted with the obtained data. Furthermore, the determination coefficient for pectin extraction yield (i. e. 95.99 %) was found high and exhibited that the relationship between variables and responses can be explained precisely and accurately by the proposed models. According to the above-mentioned results, the proposed linear model is perfectly suitable for prediction of the relationship between independent variables and responses and there is no need for higher-order models.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for Pectin Yield using linear model.

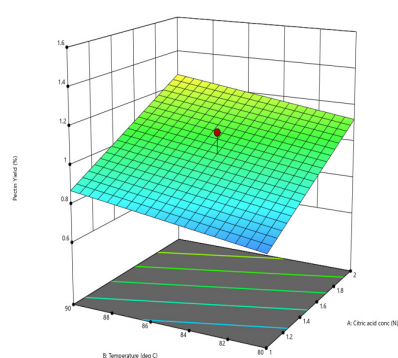
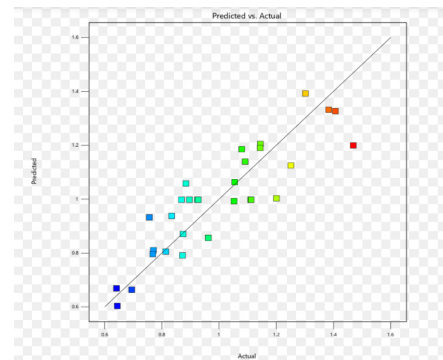
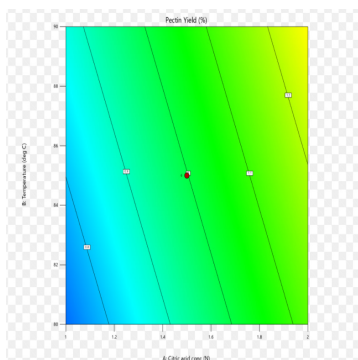
Source	Sum of squares	DF	Mean square	F value	Prob>F	
Model	1.15	4	0.2874	21.97	< 0.0001	Significant
X ₁	0.9322	1	0.9322	71.27	< 0.0001	
X ₂	0.1202	1	0.1202	9.19	0.0056	
X ₃	0.0002	1	0.0002	0.0119	0.9140	
X ₄	0.0971	1	0.0971	7.42	0.0116 ^b	
Residual	0.3270	25	0.0131			
Lack of fit	0.2672	20	0.0134	1.12	0.4967	not significant
Pure error	0.0598	5	0.0120			
Cor Total	1.48	29				
Mean = 0.9977			Std. Dev. = 0.1144	C.V.(%) = 11.46	Adeq Precision = 16.8838	
R ² = 0.9599			Adj R ² = 0.7431	Pred R ² = 0.6751		

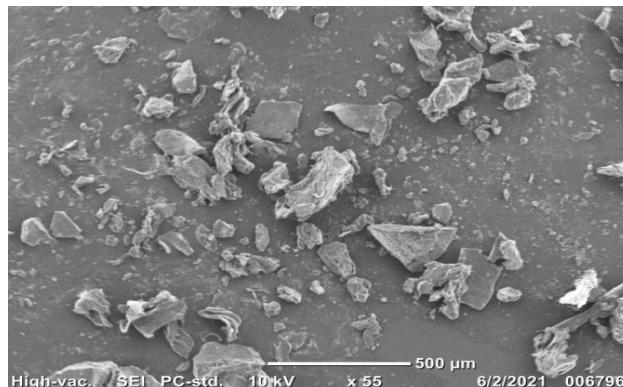
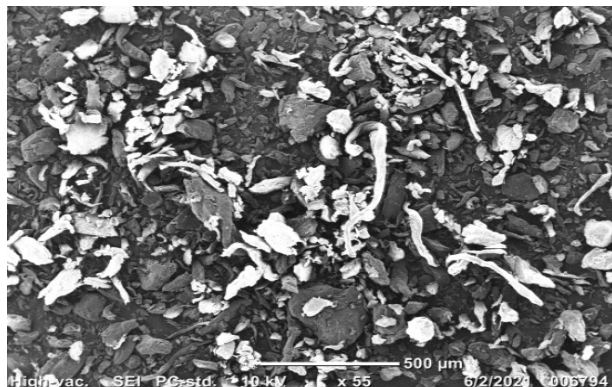
Scanning electron microscopic (SEM) study of pectin:

Scanning electron microscopy (SEM) was used to observe morphology of high methoxyl pectin and extracted apple pectin. Both pectins consisted of tubular and some irregular shaped particles of up to 500 μm in length. The morphology of pectin was found different in both cases. EAP particles appears in discrete elongated form whereas commercial high methoxyl pectin particles appear in cluster form. The SEM images (Figure 3) showed that the commercial high methoxyl pectin and extracted apple pectin looks crystalline and amorphous in nature but have rough surface with presence of large number of grooves.

Thermogravimetric analysis (TGA):

Thermogravimetric analysis of both high methoxyl pectin and extracted apple pectin showed weight loss against temperature and the results were given in Figure 4 and 5. It was observed that the thermogravimetric curves of both the pectin were similar to each other, and they had three regions (50–190 $^{\circ}\text{C}$, 190–400 $^{\circ}\text{C}$ and 400–650 $^{\circ}\text{C}$) that also reported in other studies. A slow weight

**Figure 4.** 3D contour graphs of pectin extraction with influencing parameters (Concentration of citric acid and Reaction temperature).**Figure 5.** Scatter plot of predicted value vs actual value from RSM design.



चित्र 6: उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन (एचएमपी) और निकाले गए सेब पेक्टिन (ईएपी) की स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप छवियां क्रमशः। तापमान)।

पॉलीसेकेराइड के अपघटन के कारण एक त्वरित वजन घटाने (50%) हुआ। तीसरे क्षेत्र (400-650 °C) में, चर के अपघटन के कारण धीमी गति से वजन कम होता देखा गया। अपघटन दर अधिकतम तापमान थी, दोनों पेक्टिन (एचएमपी और ईएपी) के लिए 190 °C से 249 °C तक निर्धारित की गई थी। दोनों मामलों में कुल द्रव्यमान हानि 800 °C पर देखी गई। अध्ययन किए गए दोनों पेक्टिन में, निकाले गए एचएमपी ने ईएपी की तुलना में उच्चतम तापीय स्थिरता दिखाई। इसलिए, परिणामों से पता चला कि विभिन्न मूल और विभिन्न स्रोतों से प्राप्त पेक्टिन में अलग-अलग थर्मल गुण और स्थिरता हो सकती है।

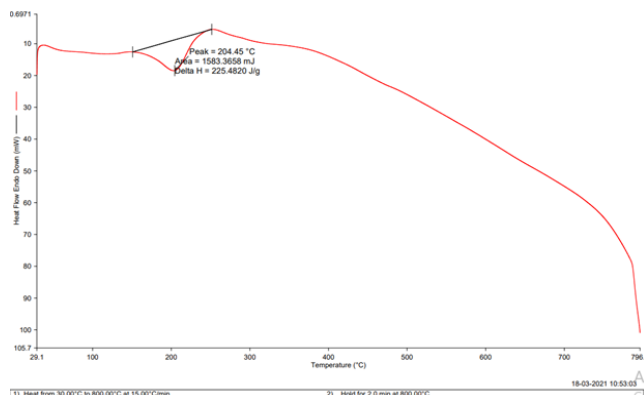
डिफरेंशियल स्कैनिंग कैलोरीमीटर (डीएससी):

डिफरेंशियल स्कैनिंग कैलोरीमीटर (डीएससी) तापमान या समय के एक कार्य के रूप में नमूना और एक निष्क्रिय संदर्भ सामग्री के बीच गर्मी प्रवाह या थैलेपी परिवर्तन में अंतर रिकॉर्ड करता है, जबकि दोनों नमूने (एचएमपी और ईएपी) हैं नियंत्रित तापमान कार्यक्रम के अधीन। चित्रा 7 और 8 उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन दोनों के डीएससी परिणाम

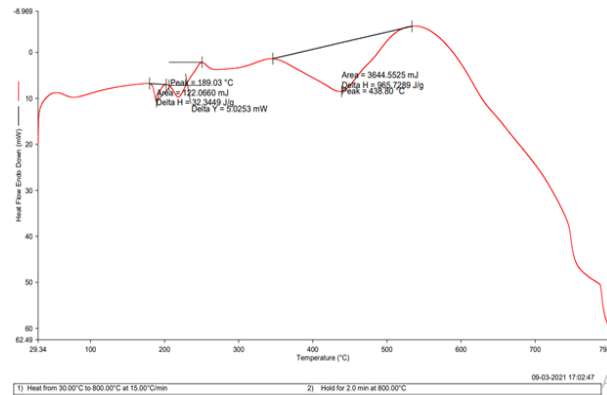
दिखाता है। वाणिज्यिक उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन के डीएससी हीटिंग थर्मोग्राम अध्ययन किए गए तापमान की सीमा के भीतर एंडोथर्मिक परिवर्तन प्रदर्शित करते हैं। एंडोथर्म संलयन या पिघलने के पाठ्यक्रम का एक संकेत है और वाणिज्यिक उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन की पिघलने वाली चोटियों को तापमान सीमा 260 °C-350 °C में देखा गया था।

फूरियर ट्रांसफॉर्म इन्फ्रारेड स्पेक्ट्रोस्कोपी-एटैन्यूएटेड टोटल रिफ्लेक्शन (एफटीआईआर-एटीआर):

सेब पोमेस के ईएपी की पहचान की पुष्टि करने के लिए, सीपी और एचएमपी की तुलना में निकाले गए सेब पेक्टिन के एफटीआईआर स्पेक्ट्रा। चित्रा 11-12 में दिखाया गया एफटीआईआर स्पेक्ट्रा क्रमशः कार्यात्मक समूहों और वाणिज्यिक पेक्टिन और सभी एपी निकाले गए पेक्टिन की संरचनात्मक जानकारी का प्रतिनिधित्व करता है। उनके स्पेक्ट्रा में चोटियों को 3600-3200 cm^{-1} के बीच देखा गया था, जो एच-बंधुआ, ओ-एच खिंचाव से मेल खाती है, पॉली-हाइड्रॉक्सी यौगिकों के लिए विशेषता चोटियां, जो



चित्र 7: उच्च मेथॉक्सिल पेक्टिन (एचएमपी) का डीएससी ग्राफ।



चित्र 8: निकाले गए सेब पोमेस पेक्टिन (ईएपी) का डीएससी ग्राफ।

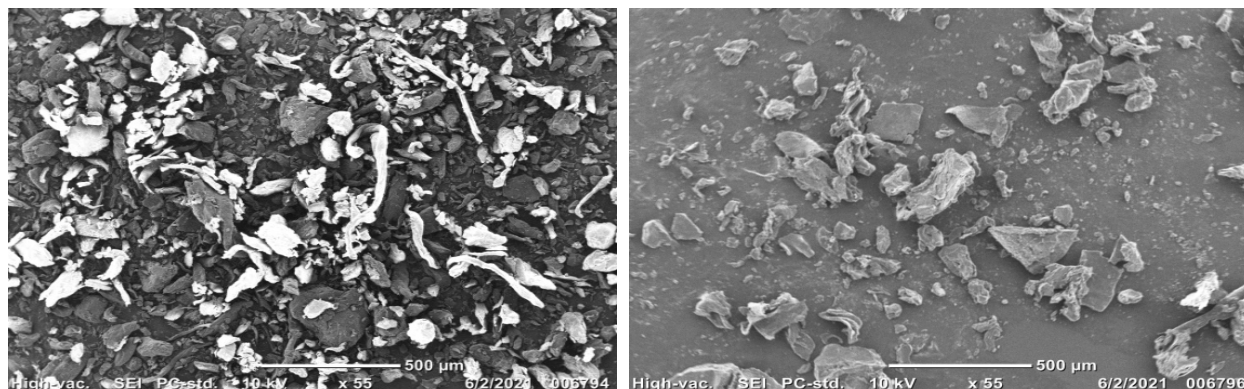


Figure 6. SEM images of high methoxyl pectin (HMP) and extracted apple pectin (EAP) respectively.temperature).

loss occurred due to the evaporation of water in the first region (50–190 °C). In the second region (190–400 °C), a quick weight loss (~50%) occurred due to the decomposition of the polysaccharide. In the third region (400–650 °C), slow weight loss was observed due to the decomposition of the char. The decomposition rate was maximum temperature, was determined as ranged from 190 °C to 249 °C for both pectin (HMP and EAP). The total mass loss in both cases was observed at 800 °C. Among the both pectin studied, extracted HMP showed the highest thermal stabilities as compared to EAP. Therefore, results showed that pectin obtained from different origin and different sources can have different thermal properties and stabilities.

Differential Scanning Calorimeter (DSC): Differential scanning calorimetry (DSC) record the difference in the heat flow or enthalpy change takes place between the sample and an inert reference material as a function of temperature or time, while both samples (HMP

and EAP) are subjected to controlled temperature program. Figure 6 and 7 shows the DSC results of both high methoxyl pectin and extracted apple pectin. DSC heating thermograms of the commercial high methoxyl pectin and extracted apple pectin exhibit endothermic changes within the range of temperature studied. The endotherm is an indication of the course of fusion or melting and the melting peaks of the commercial high methoxyl pectin and extracted apple pectin were observed in the temperature range 260 °C–350 °C.

Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflection (FTIR-ATR): To confirm the identity of the EAP of apple pomace, FTIR spectra of extracted apple pectin compared with CP and HMP. The FTIR spectra showed in figure 8-9 represent the functional groups and the structural information of the commercial pectin and all the AP extracted pectin respectively. The peaks in their spectra were observed between 3600–3200 cm^{-1} corresponds to H-bonded,

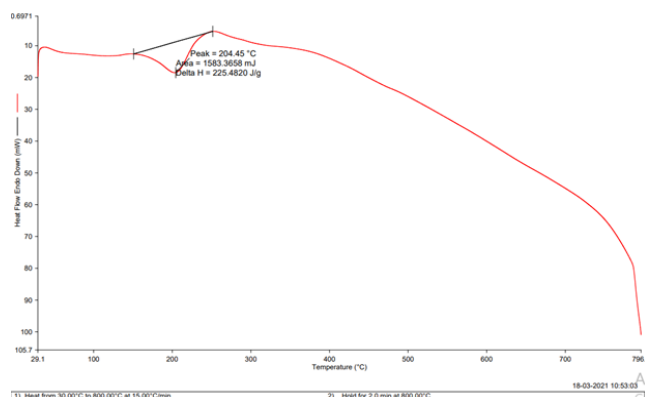


Figure 7. TGA graph of high methoxyl pectin (HMP).

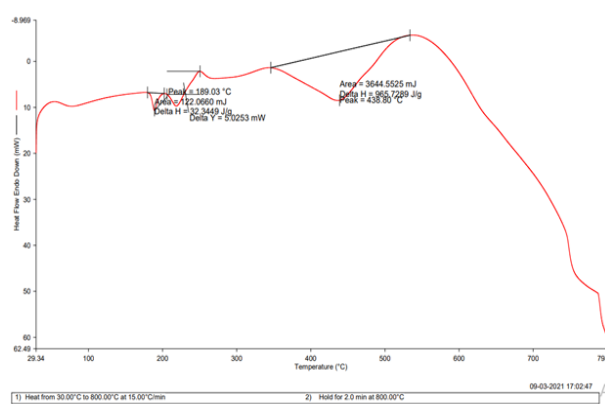
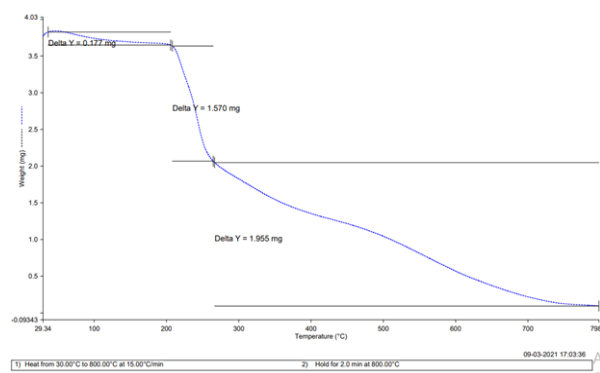
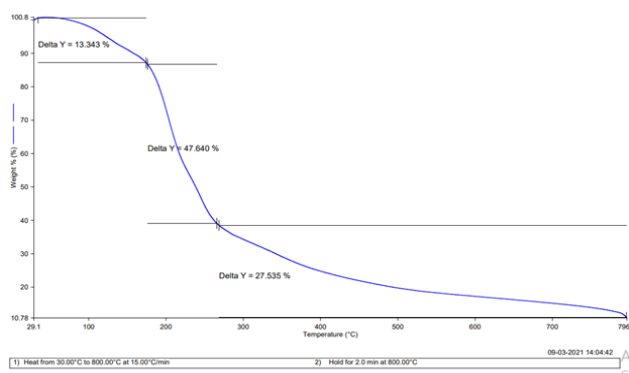


Figure 8. TGA graph of extracted apple pomace pectin (EAP).



चित्र 9: उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन (एचएमपी) का टीजीए ग्राफ।

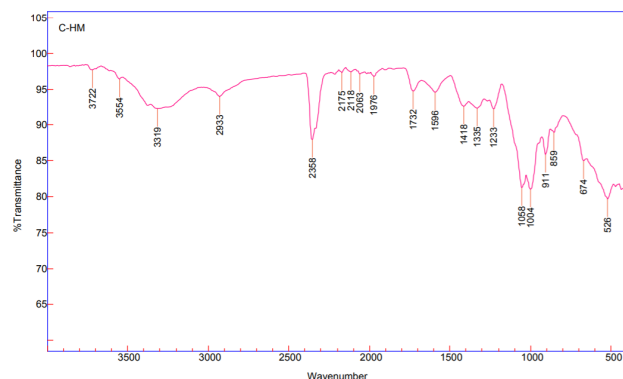


चित्र 10: निकाले गए सेब पेक्टिन (ईएपी) का टीजीए ग्राफ।

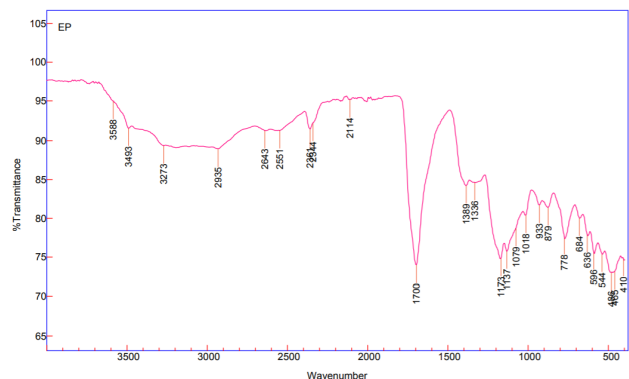
बड़ी संख्या में ओएच समूहों की उपस्थिति को इंगित करती हैं। चोटियाँ CH, CH₂, और CH₃ गैलेक्टुरोनिक एसिड मिथाइल एस्टर के हिस्सों के अनुरूप हैं, जो क्रमशः वाणिज्यिक कम मेथाक्सिल पेक्टिन, उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन और एपी निकाले गए पेक्टिन में लगभग 2950–2900 सेमी⁻¹ पर देखे गए थे। 2650–2000 सेमी⁻¹ के बीच अवशोषण कार्बोक्सिलिक एसिड, टर्मिनल एल्काइन्स और सुगंधित यौगिक के सी-सी खिंचाव की उपस्थिति को दर्शाता है। यह बताया गया है कि एक विस्तृत क्षेत्र (3600 सेमी⁻¹–2500 सेमी⁻¹) में होने वाली बड़ी ओ-एच स्ट्रेचिंग प्रतिक्रिया के कारण, ओ-सीएच 2 गतिविधि नकाबपोश है और इसलिए मेथाक्सिलेशन का एक विश्वसनीय संकेतक नहीं है। एचएमपी और ईएपी निकाले गए पेक्टिन में 1740–1680 सेमी⁻¹ के बीच की चोटियाँ एसिटाइल (सीओसीएच3) समूह से प्राप्त एस्टर में देखे गए सी=ओ खिंचाव के कारण हैं। लगभग 1600–1490 सेमी⁻¹ पर अवशोषण सीसी खिंचाव को दर्शाता है, जो रिंग में सुगंधितता (सी-सी खिंचाव) की उपस्थिति के अनुरूप है, और 1450–1380 सेमी⁻¹ पर बैंड सी-एच झुकने को दर्शाता है, सीएच 3 समूहों की उपस्थिति का संकेत देता है। अल्कोहल, कार्बोक्सिलिक एसिड, एस्टर और ईथर की उपस्थिति से संकेतित 1320–950 सेमी⁻¹ सी-ओ

खिंचाव के बीच की चोटियाँ। ये क्षेत्र (1320–950 सेमी⁻¹) पॉलीसेकेराइड में प्रमुख कार्यात्मक समूहों का पता लगाने की अनुमति देते हैं और इसलिए, कार्बोहाइड्रेट के फिंगर प्रिंट क्षेत्र के रूप में जाना जाता है [19–22]। 900 सेमी⁻¹ से 675 सेमी⁻¹ के बीच की आवृत्ति विमान कंपन से सुगंधित सीएच को विशेषता देती है। यह देखा गया कि ईएपी और एचएमपी दोनों के एफटी-आईआर स्पेक्ट्रा में पेक्टिन की विशेषता पेक्टिन चोटियाँ थीं।

स्वचालित बहुउद्देशीय एक्स-रे डिफ्रेक्टोमीटर (एक्सआरडी) विश्लेषण: एक्सआरडी (एक्स-रे विवर्तन) डिफ्रेक्टोग्राम ने वाणिज्यिक उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन और निकाले गए सेब पेक्टिन (आंकड़ा 13–14) दोनों की संरचनात्मक जानकारी प्रदान की। एक्सआरडी (एक्स-रे विवर्तन) डिफ्रेक्टोग्राम में, क्रिस्टलीय सामग्री तेज चोटियों की श्रृंखला दिखाती है, जबकि अनाकार उत्पाद एक व्यापक पृष्ठभूमि पैटर्न [23–24] का उत्पादन करता है। पिछले अध्ययनों में, यह बताया गया है कि पेक्टिन की एक्स-रे डिफ्रेक्टोग्राम में विशिष्ट चोटियाँ हैं जो शुद्ध पेक्टिन क्रिस्टलीयता से जुड़ी हैं 13.560, 22.560 [25], 90, 12.70, 18.420, 28.220, 40.14 [26], 12.720, 16.300, 18.450, 25.320 और 40.140 (29)



चित्र 11: उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन का एफटीआईआर स्पेक्ट्रम (एचएमपी)।



चित्र 12: निकाले गए सेब पेक्टिन का एफटीआईआर स्पेक्ट्रम (ईएपी)।

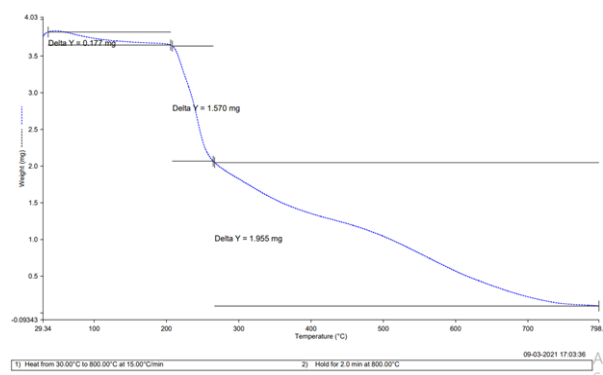


Figure 9. DSC graph of high methoxyl pectin (HMP).

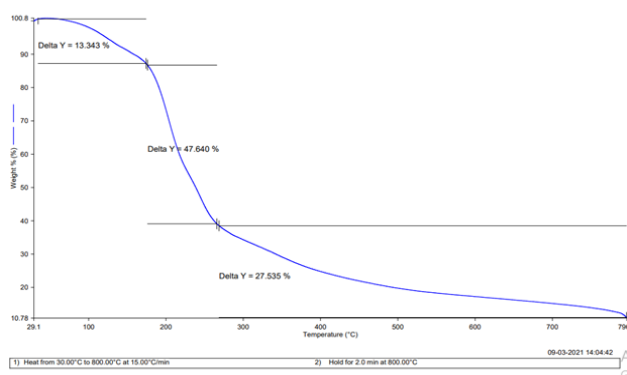


Figure 10. DSC graph of extracted apple pectin (EAP).

O-H stretch, the characteristic peaks for the poly-hydroxy compounds, which indicates the presence of a large number of OH groups. The peaks correspond to the CH, CH₂, and CH₃ stretches of galacturonic acid methyl esters were observed at about 2950- 2900 cm⁻¹ in commercial low methoxyl pectin, high methoxyl pectin and AP extracted pectins respectively. The absorbance between 2650- 2000 cm⁻¹ shows presence of C-C stretch of carboxylic acids, terminal alkynes and aromatic compound. It is reported that because of large O-H stretching response occurring in a broad region (3600 cm⁻¹ -2500 cm⁻¹), the O-CH₂ activity is masked and therefore is not a reliable indicator of methoxylation. The peaks between 1740-1680 cm⁻¹ in HMP and EAP extracted pectin is due to the C=O stretch observed in the ester, derived from acetyl (COCH₃) group.

The absorbance at about 1600-1490 cm⁻¹ shows C-C stretch, which correspond to the presence of aromaticity (C-C stretch) in the ring, and the bands at 1450-1380 cm⁻¹ shows C-H bending, indicate the presence of CH₃ groups. The peaks between 1320 -950 cm⁻¹

shows C-O stretch indicated by the presence of alcohols, carboxylic acids, esters and ethers. These regions (1320 -950 cm⁻¹) permits the detection of major functional groups in polysaccharides and therefore, known as the finger print region of carbohydrates [19-22]. The frequency between 900 cm⁻¹ to 675 cm⁻¹ attributes to an aromatic C-H out of the plane vibration. It was observed that the FT-IR spectra of both EAP and HMP the pectin had characteristic pectin peaks.

Automated multipurpose x-ray diffractometer (XRD)

analysis: XRD (X-ray diffraction) diffractograms provided structural information of the both commercial high methoxyl pectin and extracted apple pectin (figure 10-11). In XRD (X-ray diffraction) diffractograms, the crystalline material shows the series of sharp peaks, while amorphous product produces a broad background pattern [23-24]. In the previous studies, it has been reported that pectin has characteristic peaks in the X-ray diffractogram associated with the pure pectin crystallinity at 13.56°, 22.56° [25], 9°, 12.7°, 18.42°, 28.22°, 40.14°

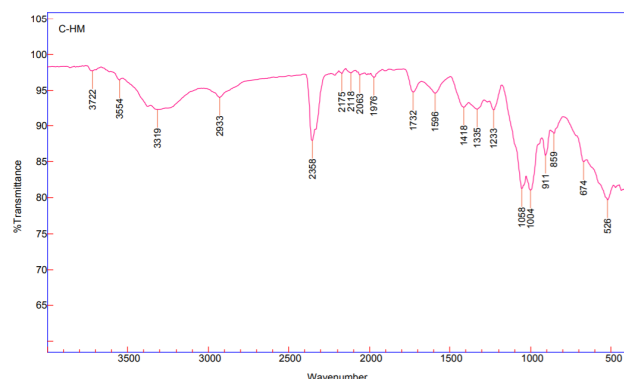
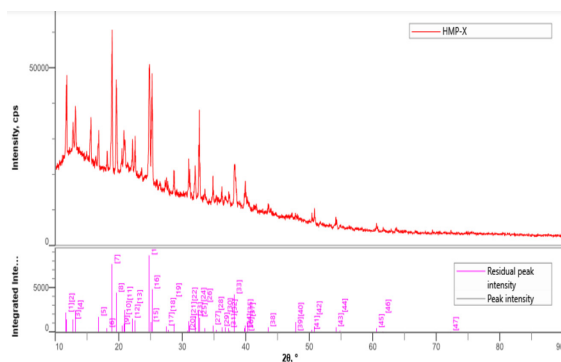


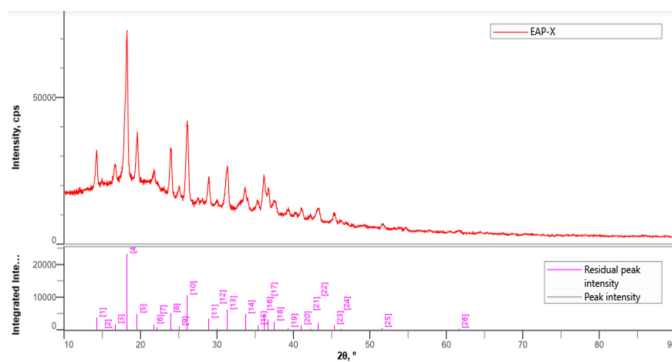
Figure 11. FTIR Spectrum of high methoxyl pectin (HMP).



Figure 12. FTIR Spectrum of Extracted apple pectin (EAP).



चित्र 13: उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन के एक्सआरडी डिफ्रेक्टोग्राम (एचएमपी)।



चित्र 14: निकाले गए सेब पेक्टिन के एक्सआरडी डिफ्रेक्टोग्राम (ईएपी)

[27]। तेज और संकरी विवर्तन चोटियां पेक्टिन [28-29] के क्रिस्टलीयता को दर्शाती हैं। यह देखा गया कि निकाले गए सेब पेक्टिन (ईएपी) ने तेज और संकीर्ण विवर्तन चोटियों और उच्च मेथाक्सिल पेक्टिन जैसे व्यापक पृष्ठभूमि वाले अनाकार क्षेत्र को दिखाया है।

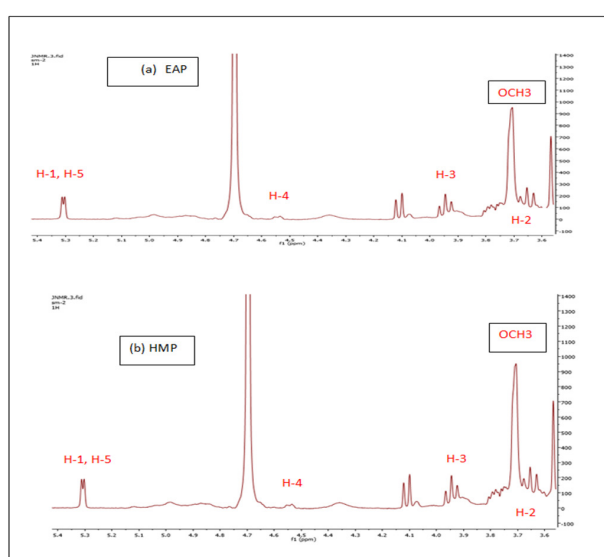
परमाणु चुंबकीय अनुनाद (एनएमआर) विश्लेषण:

पेक्टिन नमूना समाधान का 1 एच-एनएमआर स्पेक्ट्रम चित्र 15 में दिखाया गया है। 0-3.6 पीपीएम वर्णक्रमीय क्षेत्र को हटा दिया गया था, क्योंकि इसमें कोई पेक्टिन संकेत नहीं था। पेक्टिन नमूने के स्पेक्ट्रम ने लगभग 3.68 पीपीएम पर एक तेज संकेत प्रस्तुत किया, जिसका श्रेय एस्ट्रिफ्राइड पेक्टिन के मेथाक्सिल समूहों में प्रोटॉन को दिया जाता है। 3.60 और 3.90 पीपीएम के बीच के सिग्नल क्रमशः ईएपी और एचएमपी में एच-2 और एच-3 को सौंपे गए थे। संकेतों के बदलाव के बावजूद, यहां प्राप्त स्पेक्ट्रम रिपोर्ट किए गए प्रोफाइल के समान था जहां एच -2 और एच -3 प्रोटॉन क्रमशः 3.7 और

4.0 पीपीएम पर अवशोषित होते थे, [30-32]। एच-4 प्रोटॉन लगभग 4.4 पीपीएम पर अवशोषित होता है, जिससे दो सिग्नल उत्पन्न होते हैं जिन्हें डीइ के आधार पर थोड़ा कम मूल्यों की ओर स्थानांतरित किया जा सकता है। ईएपी और एचएमपी के मामले में, क्रमशः 4.45 और 4.55 पर तेज संकेत एच -4 प्रोटॉन संकेतों का प्रतिनिधित्व करते हैं। एस्टर समूहों से सटे एच-1 और एच-5 प्रोटॉन के लिए संकेत लगभग 5.0 पीपीएम पर हैं, यहां ईएपी और एचएमपी के लिए 5.0 और 5.3 पीपीएम के मान प्राप्त किए गए हैं।

प्रमुख उपलब्धियां

- ♦ शर्मा, अमिता, तमाल मंडल, और शाश्वत गोस्वामी। “थर्मल, मैकेनिकल और ऑप्टिकल गुणों पर बेहतर प्रभाव के लिए लिगोसेल्यूलोसिक नैनोफाइबर फिलर के साथ सेल्यूलोज एसिटेड नैनोकम्पोजिट फिल्मों का निर्माण।” नैनो-स्ट्रक्चर और नैनो-ऑब्जेक्ट्स: 2021।
- ♦ अमिता शर्मा, तमाल मंडल और सखता गोस्वामी “सेल्यूलोज नैनोफाइबर का फैलाव और स्थिरता अध्ययन: नैनोकम्पोजिट तैयारी के लिए निहितार्थ” जर्नल ऑफ पॉलिमर एंड द एनवायरनमेंट (2020) ने स्वीकार किया।
- ♦ अमिता शर्मा, अंजना, हर्षदीप राणा, और शाश्वत गोस्वामी। “लिगोसेल्यूलोसिक बायोमास व्युत्पन्न नैनोसेल्यूलोज के अनुप्रयोग द्वारा जल उपचार के लिए भारी धातु हटाने पर एक व्यापक समीक्षा”। जर्नल ऑफ पॉलिमर्स एंड द एनवायरनमेंट (2021)।
- ♦ अंजना, गौरवरतुड़ी, श्वेता श्री, अमिता शर्मा, परमजीत एस. पनेसर, शाश्वत गोस्वामी। “माइक्रोबियल पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट के उन्नत उत्पादन के लिए हालिया दृष्टिकोण: बायोकंपोजिट्स और अनुप्रयोगों की तैयारी”। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलेक्यूल्स 182 (2021) 1650-1669।
- ♦ पेटेंट दिया गया: “सेल्यूलोज नैनोफाइबर के उत्पादन की प्रक्रिया” आवेदन संख्या: 201911016698।



चित्र 15: परमाणु चुंबकीय अनुनाद (एनएमआर) ग्राफ (ए) ईएपी और (बी) एचएमपी क्रमशः।

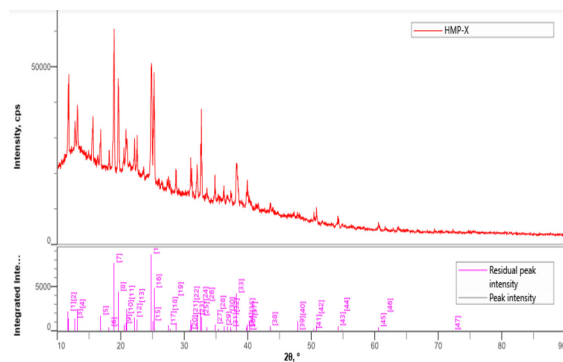


Figure 13. XRD diffractograms of high methoxyl pectin (HMP).

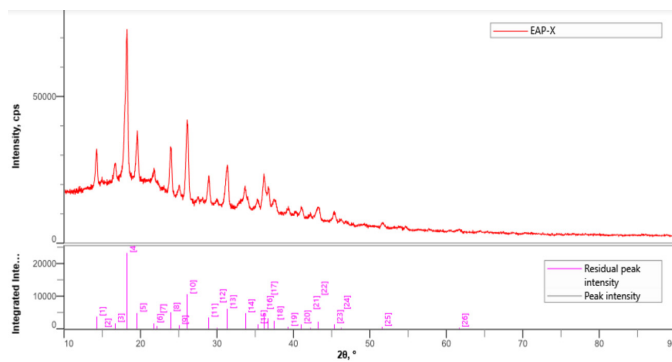


Figure 14. XRD diffractograms of extracted apple pectin (EAP)

[26], 12.72°, 16.30°, 18.45°, 25.32° and 40.14° (2θ) [27]. The sharper and narrower diffraction peaks show the crystallinity of pectin [28-29]. It was observed that extracted apple pectin (EAP) has shown sharp and narrow diffraction peaks and broad background amorphous region like high methoxyl pectin.

Nuclear magnetic resonance (NMR) analysis: The ¹H NMR spectrum of the pectin sample solutions is shown in Figure 12. The 0-3.6 ppm spectral region was removed, since it contained no pectin signals. The spectrum of the pectin sample presented a sharp signal at around 3.68 ppm, attributed to the protons in the methoxyl groups of the esterified pectin. Signals between 3.60 and 3.90 ppm were assigned to H-2 and H-3 in EAP and HMP, respectively. Despite shifts of the signals, the spectrum obtained here was similar to the profiles reported where the H-2 and H-3 protons ab-

sorbed at around 3.7 and 4.0 ppm, respectively [30-32]. The H-4 proton absorbs at around 4.4 ppm, producing two signals that may be shifted slightly towards lower values, depending on the DE. In case of, EAP and HMP, sharp signals at 4.45 and 4.55 representing H-4 proton signals, respectively. The signals for H-1 and H-5 protons adjacent to ester groups are at around 5.0 ppm, with values obtained here of 5.0 and 5.3 ppm for EAP and HMP, respectively.

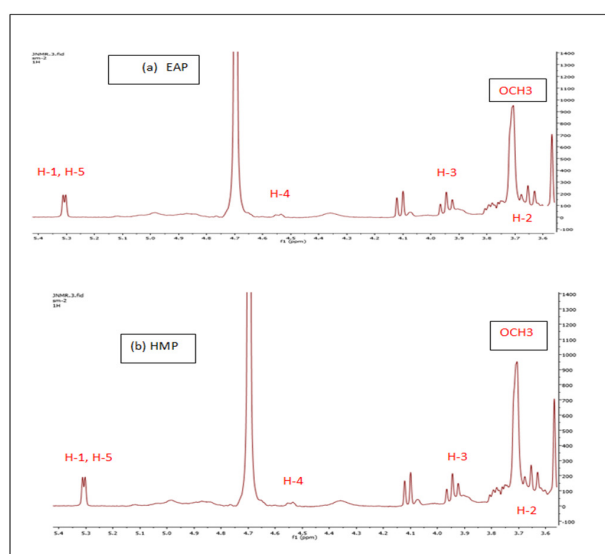


Figure 15. Nuclear magnetic resonance (NMR) graph of (a) EAP and (b) HMP respectively.

Salient Achievements

- ♦ Sharma, Amita, Tamal Mandal, and Saswata Goswami. "Fabrication of cellulose acetate nanocomposite films with lignocellulosic nanofiber filler for superior effect on thermal, mechanical and optical properties." *Nano-Structures & Nano-Objects*: 2021.
- ♦ Amita Sharma, Tamal Mandal and Saswata Goswami "Dispersibility and stability studies of cellulose nanofibers: implications for nanocomposite preparation" *Journal of Polymers and the Environment* (2020) accepted.
- ♦ Amita Sharma, Anjana, Harshdeep Rana, and Saswata Goswami. "A Comprehensive Review on the Heavy Metal Removal for Water Remediation by the Application of Lignocellulosic Biomass Derived Nanocellulose". *Journal of Polymers and the Environment* (2021).
- ♦ Anjana, Gaurav Raturi, Shweta Shree, Amita Sharma, Parmjit S. Panesar, Saswata Goswami. "Recent approaches for enhanced production of microbial polyhydroxybutyrate: Preparation of biocomposites and applications". *International Journal of Biological Macromolecules* 182 (2021) 1650-1669.
- ♦ Patent granted: "Process for production of cellulose nanofibers" Application number: 201911016698.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ. षण्मुगवेल सरवनमुरुगन

वैज्ञानिक-ई

रिसर्च फेल्लो

स्मृति ठाकुर, साहिल कुमार
हादी अली, प्रियंका पाली
कनिका सैनी, राहुल गौतम
नीरज शर्मा

विशेषज्ञता

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

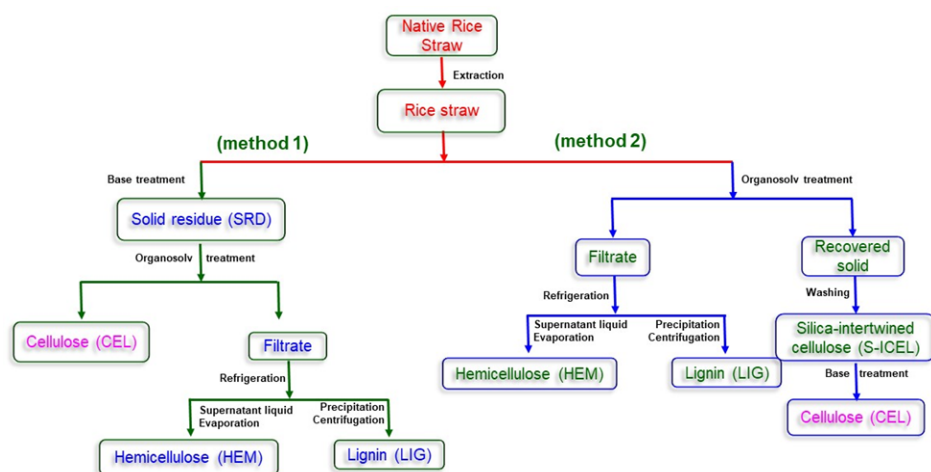
सीमित जीवाश्म संसाधनों की लगातार गिरावट के लिए वैकल्पिक, टिकाऊ संसाधनों की मांग है, जो मूल्य श्रृंखला को बनाए रखने के लिए मौजूदा कमोडिटी ईंधन और रसायनों को संभावित रूप से प्रतिस्थापित कर रहे हैं। टिकाऊ लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास के बीच, चावल के भूसे जैसे कृषि-अवशेषों का परिवर्तन एक बड़ी चुनौती का सामना करता है, जैसे उच्च सिलिका सामग्री एवं पुनर्गणना प्रकृति होने का कारण। 2017 में, चावल का वैश्विक उत्पादन 760 मिलियन टन (MT)

होने का अनुमान लगाया गया था, जो कम उपयोग किए गए कचरे के रूप में ~ 1.2 गुना पुआल था, और भारत में, हर साल ~ 112 MT चावल के भूसे का उत्पादन होता है। वर्तमान में, खेत से कटाई के बाद निपटान का कोई उपयुक्त और किफायती तरीका मौजूद नहीं है, चावल के भूसे को मूल्य वर्धित बायोप्रोडक्ट्स, जैसे बायोसर्फैक्टेंट्स में परिवर्तित करने के महत्व पर बल देता है, जो न केवल पर्यावरणीय मुद्दों को कम करता है बल्कि कम उपयोग किए गए चावल के भूसे का मूल्य भी बढ़ाता है। इसलिए, चावल के भूसे में बायोपॉलिमर को सिलिका से अलग करने के लिए एक उपयुक्त प्रीट्रीटमेंट दृष्टिकोण का पता लगाना महत्वपूर्ण है। इसलिए, हम दो चरणों के दृष्टिकोण के आधार पर चावल के भूसे से सेलूलोज (CEL) के उत्पादन की रिपोर्ट करते हैं। कार्बनिक अम्ल की उपस्थिति में CEL प्राप्त करने के लिए पहला (विधि 1) बेस-ऑर्गेनोसोल्व उपचार है। CEL प्राप्त करने के लिए दूसरा (विधि 2) ऑर्गेनोसोल्व-बेस उपचार है। सर्वोत्तम विधि से प्राप्त कूड CEL को ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड में परिवर्तित किया जाता है। यहां प्रस्तुत शोध कार्य एसीएस ओमेगा (DOI: 10.1021/acsomega.1c04030) में प्रकाशित किया गया है।

ऑर्गेनोसोल्व-क्षारीय प्रीट्रीटमेंट: चावल के भूसे से सेलूलोज उत्पादन की ओर एक दृष्टिकोण

चावल के भूसे का नमूना तैयार करना: प्रारंभ में, देशी चावल के भूसे को धूल हटाने के लिए रात भर विआयनीकृत पानी में भिगोया जाता था फिर पानी से अच्छी तरह से धोया जाता था और ओवन में 40 °C पर सुखाया जाता था। सूखे चावल के भूसे को तब एक सुपर मास कोलाइडर ग्राइंडिंग मशीन (Masuko sangyo co. Ltd) का उपयोग करके ~ 3 मिमी के आकार में पीस दिया गया था और द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होने तक एक वैक्यूम ओवन में 40 °C पर सुखाया गया था। अंत में, इसे उपयोग करने से पहले एक डेसीकेटर (desiccator) में एक एयर टाइट बैग में रखा गया था।

बेस प्रीट्रीटमेंट: एक सॉक्सलेट उपकरण में, देशी चावल के भूसे से निकालने वाले अर्क (मोम, क्लोरोफिल, और अन्य छोटे घटक) को पहले इथेनॉल में हटा दिया गया था। उपचार के बाद, ठोस भाग को छान लिया गया, पानी और इथेनॉल की प्रचुर मात्रा में धोया गया, और एक ओवन में 40 °C पर



चित्र 1: परमाणु चुंबकीय अनुनाद (एनएमआर) ग्राफ (ए) ईएपी और (बी) एचएमपी क्रमशः।

BIOPRODUCT CHEMISTRY



**Dr. Shunmugavel
Saravanamurugan**

Scientist-E

Research Fellows

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

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

A steady decline of confined fossil resources demands alternative, sustainable resources, potentially substituting existing commodity fuels and chemicals to keep the value chain. Among sustainable lignocellulosic biomass, the transformation of agro-residues, such as rice straw, encounters a major challenge due to having high silica content, apart from its recalcitrant nature. In 2017, the global production of rice was estimated to be 760 million tons (MT), affording

~1.2 times straw as underutilised waste, and In India, ~112 MT of rice straw is produced every year. Presently, no suitable and economical way of disposal exists after being harvested from the field, emphasising the importance of converting rice straw into value-added bioproducts, such as biosurfactants, which not only alleviate the environmental issues but also enhance the value of underutilised rice straw. It, therefore, is vital to find out a suitable pretreatment approach for isolating the biopolymers from silica in rice straw. Hence, we report the production of cellulose (CEL) from rice straw based on two-step approaches. The first one (method 1) is base -organosolv treatment to obtain CEL in the presence of organic acid. The second one (method 2) is an organosolv-base treatment to get CEL. The obtained crude CEL from the best method is converted to butyl glucoside to signify the removal of silica. The research work presented here has been published in ACS Omega (DOI: 10.1021/acsomega.1c04030).

Organosolv-alkaline pretreatment: an approach toward cellulose production from rice straw

Rice straw sample preparation: Initially, native rice straw was soaked in deionized water overnight, thoroughly washed with water to remove dust, and dried at 40 °C in an oven. The dried rice straw was then ground to a size of ~3 mm using a super mass colloid grinder (Masuko sangyo co. Ltd) and dried at 40 °C in a vacuum oven until no changes in the mass. Finally, it was kept in an air-tightened bag in a desiccator before use.

Base pretreatment: In a soxhlet apparatus, the removal of extractives (waxes, chlorophyll, and other minor components) from native rice straw was first performed in ethanol. After the treatment, the solid part was filtered off, washed with a copious amount of water and ethanol, and dried at 40 °C in an oven, and the obtained sample was denoted as “rice straw”

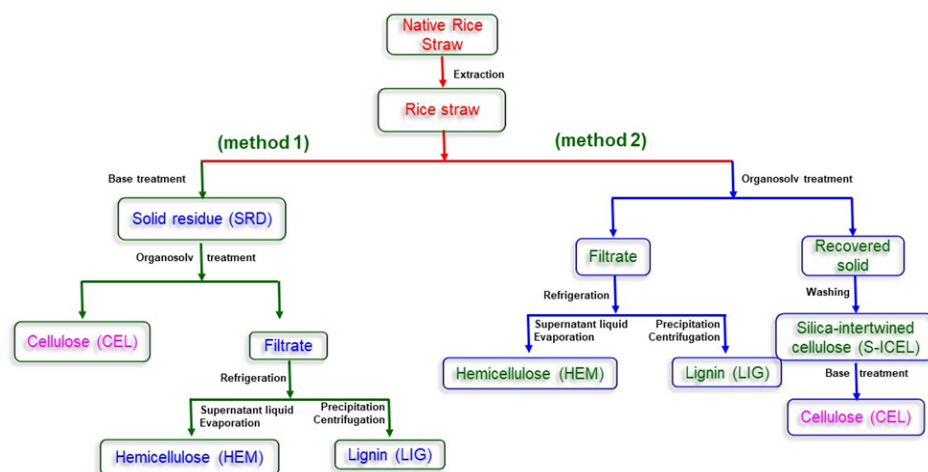


Figure 1. Schematic representation of rice straw treatment with two different two-step approaches.

सुखाया गया, और प्राप्त नमूने को “चावल के भूसे” के रूप में दर्शाया गया था जिसका उपयोग आगे के उपचार के लिए किया गया था। चावल के भूसे और सिलिका-इंटरड्राइंड सेल्युलोज (S-ICEL) से सिलिका को हटाने पर बेस ट्रीटमेंट के प्रभाव की जांच सोडियम कार्बोनेट, सोडियम बाइ-कार्बोनेट, सोडियम हाइड्रॉक्साइड और यूरिया जैसे विभिन्न आधारों से की गई। 100 मिलीग्राम चावल के भूसे को एक ace pressure ट्यूब में एक बेस (10 ml) के 0.07 M जलीय घोल में लिया गया था और 600 rpm के साथ एक विशिष्ट समय के लिए एक तेल स्नान का उपयोग करके निर्धारित तापमान पर गर्म किया गया था। फिर समाधान को कमरे के तापमान पर बुझाया गया, फिल्टर किया गया, और तटस्थ pH तक पहुंचने तक पानी से धोया गया। ठोस नमूने को फिर एक वैक्यूम ओवन में 24 घंटे के लिए 40 °C पर सुखाया गया और फिर एक डेसीकेटर में रखा गया, और प्राप्त ठोस नमूने को “SRD” के रूप में चिह्नित किया गया। SRD की मात्रा का ठहराव निम्नानुसार किया गया था; उपचार के बाद बरामद ठोस नमूने की मात्रा को सूखे चावल के भूसे की मात्रा से विभाजित किया गया था। टीजीए विश्लेषण के आधार पर चावल के भूसे और SRD में मौजूद सिलिका की मात्रा निर्धारित की गई थी। विधि 2 के पहले चरण से प्राप्त S-ICEL का पोस्ट-ट्रीटमेंट, “बेस-ट्रीटेड सेल्युलोज (B-ICEL)” प्राप्त करने के लिए विधि 1 के पहले चरण में अनुकूलित शर्तों के तहत किया गया था।

ऑर्गैनोसोल प्रीट्रीटमेंट: 45 ml मोटी दीवार वाले PTFE लाइनर के साथ एक एसिड पाचन पोत में ऑर्गैनोसोल प्रीट्रीटमेंट प्रयोग किए गए थे। एक इथेनॉल/पानी (1:1) मिश्रण में चावल के भूसे (500 मिलीग्राम) और 0.1 M कार्बनिक अम्ल के 5 ml (1:1) मिश्रण को एक टेफ्लॉन लाइनर वाले बर्तन में लिया गया और कसकर बंद कर दिया गया। फिर बर्तन को एक गर्म प्लेट और चुंबकीय स्टिरर के साथ एक तेल स्नान पर रखा गया था, जिसे 600 rpm की सरगर्मी दर के साथ आवश्यक समय के लिए निर्धारित तापमान पर गर्म किया गया था। उपचार के बाद, बर्तन को कमरे के तापमान तक ठंडा कर दिया गया था, और फिर प्रतिक्रिया मिश्रण को ठोस अंश और छानना दोनों को इकट्ठा करने के लिए फिल्टर किया गया था। ठोस भाग को तब इथेनॉल/पानी (1:1) मिश्रण से अच्छी तरह से धोया गया था। निस्यंद भाग के एक विभाज्य को डाउनस्ट्रीम उत्पादों के गठन को समझने के लिए उच्च-प्रदर्शन तरल क्रोमैटोग्राफी (HPLC) का विश्लेषण किया गया था। HEM से LIG पृथक्करण को बढ़ाने के लिए निस्यंदन को विआयनीकृत पानी से और अधिक पतला किया गया था। प्राप्त ठोस हिस्सा S-ICEL था, और छानना में HEM और LIG शामिल थे। छानने वाले हिस्से को रेफ्रिजरेटर में तब तक रखा गया जब तक कि LIG अवक्षेपित, सेंट्री-फ्यूज और ओवन में 40 °C पर सूखने के बाद मात्रा निर्धारित नहीं हो जाती। बचे हुए सतह पर तैरनेवाला तरल भाग HEM और कार्बनिक अम्ल की एक मामूली मात्रा थी, एक रोटरी बाष्पीकरण का उपयोग करके विलायक को हटाने के बाद इसकी मात्रा निर्धारित की गई थी। S-ICEL को 24 घंटे के लिए 40 °C पर वैक्यूम ओवन में धोया और सुखाया गया। सभी अलग-अलग घटकों की पैदावार की गणना वैक्यूम ओवन-सूखे नमूनों के आधार पर उनके द्रव्यमान को मापने के द्वारा की गई थी। इसी तरह, विधि 1 में पहले चरण से प्राप्त SRD को विधि 2 के पहले चरण में अनुकूलित शर्तों के तहत ऑर्गोसोल्व उपचार के अधीन किया गया था।

CEL का ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड में रूपांतरण: सर्वोत्तम विधि से प्राप्त चावल के भूसे या कच्चे CEL की उचित मात्रा, सल्फ्यूरिक एसिड और ब्यूटेनॉल में आवश्यक मात्रा में 100 मिलीलीटर स्टेनलेस स्टील के पोत में लिया गया

था। पोत को तब N₂ के साथ फ्लश किया गया था, और 20 बार N₂ का दबाव डाला गया था, और एक विशिष्ट प्रतिक्रिया समय के लिए वांछित प्रतिक्रिया तापमान तक गर्म किया गया था। प्रतिक्रिया के पूरा होने के बाद, पोत को कमरे के तापमान तक ठंडा कर दिया गया था, और फिर HPLC में प्रतिक्रिया मिश्रण के विभाजनों का विश्लेषण किया गया था, जैसा कि ऊपर बताया गया है। CEL प्राप्त करने के लिए चावल के भूसे से सिलिका को हटाना दो अलग-अलग दो-चरणीय दृष्टिकोणों को अपनाकर किया गया था, जैसा कि योजना 1 में दिखाया गया है। अपनाई गई पहली विधि SRD प्राप्त करने के लिए आधार के साथ चावल के भूसे का पूर्व उपचार था, इसके बाद ऑर्गोसोल्व CEL प्राप्त करने के लिए इथेनॉल-पानी के मिश्रण में एक हल्के कार्बनिक अम्ल के साथ उपचार। दूसरा, S-ICEL को अलग करने के लिए इथेनॉल-पानी के संयोजन में हल्के कार्बनिक अम्ल के साथ चावल के भूसे का ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट था, जिसके बाद CEL प्राप्त करने के लिए बेस ट्रीटमेंट किया गया।

बेस-ऑर्गोसोल्व उपचार (विधि 1): बेस का प्रभाव (चरण 1): चावल के भूसे की पुनर्गणना प्रकृति के अलावा, इसकी जटिल संरचना के कारण, बाहरी सतह मुख्य रूप से सिलिका परत से ढकी होती है, इस प्रकार सिलिका हटाने पर जोर दिया जाता है। यह ज्ञात है कि बेसों का उपयोग आमतौर पर विलवणीकरण प्रक्रियाओं में किया जा रहा है। चावल के भूसे को शुरू में NaOH, NaHCO₃, Na₂CO₃, और Urea जैसे विभिन्न आधारों के जलीय घोल से उपचारित किया गया था, और परिणाम तालिका 1 में प्रस्तुत किए गए हैं। नियोजित आधारों में, NaOH 0.07 M की सांद्रता के साथ पाया गया। 4 घंटे के लिए 70 °C पर महत्वपूर्ण घटकों के क्षरण से समझौता किए बिना चावल के भूसे से सिलिका को कुशलतापूर्वक हटाने के लिए उपयुक्त है, जैसा कि क्रमशः HPLC और UV-Visible स्पेक्ट्रोस्कोपी विश्लेषण के लिए शुगर घटकों और LIG के लिए सतह पर तैरनेवाला तरल नमूनों को उप-निक्षेपित करके पुष्टि की गई है। बेस ट्रीटमेंट (SRD) से पहले और बाद में मौजूद सिलिका की मात्रा को हवा में TGA विश्लेषण के लिए नमूनों के अधीन करके निर्धारित किया गया था और पाया गया कि NaOH ने अन्य बेस की तुलना में सिलिका (73.3%) को हटाने का सबसे अधिक समर्थन किया। उपचार के बाद, CEL, HEM और LIG से बने SRD को 24 घंटे के लिए 575 °C पर गरम किया गया था, और बचा हुआ मुख्य रूप से राख था, यह सुझाव देते हुए कि आधार उपचार ने सिलिका को कुशलता से हटा दिया।

चावल के भूसे और SRD से प्राप्त SPA का विश्लेषण चावल के भूसे से

तालिका 1. चावल के भूसे के उपचार का योजनाबद्ध प्रतिनिधित्व दो अलग-अलग दो-चरणीय दृष्टिकोणों के साथ

Base	SRD (wt%)	SPA (wt%)*	Silica (wt%)@	Silica Removal (%)@
Rice straw	--	11.3	10.5	-
Na ₂ CO ₃	74.4	4.9	6.6	37.1
NaHCO ₃	67.9	5.6	9.8	6.6
Urea	67.9	6.5	--	--
NaOH	69.8	2.8	2.8	73.3

(प्रीट्रीटमेंट की स्थिति: 100 मिलीग्राम चावल का भूसा, 0.07 M बेस, 10 ml पानी, 70 °C, 4 घंटे, *SRD के कैल्सीनेशन के बाद; @ TGA विश्लेषण पर आधारित)

which was used for further treatment. The effect of base treatment on removing silica from rice straw and silica-intertwined cellulose (S-ICEL) was examined with various bases, such as sodium carbonate, sodium bicarbonate, sodium hydroxide, and urea. 100 mg of rice straw was taken in 0.07 M aqueous solution of a base (10 mL) in an ace pressure tube and heated to the set temperature using an oil bath for a specific time with 600 rpm. The solution was then quenched to room temperature, filtered off, and washed with water until reaching neutral pH. The solid sample was then dried at 40 °C for 24 h in a vacuum oven and then kept in a desiccator, and the obtained solid sample was denoted as an “SRD”. The quantification of SRD was done as follows; the amount of solid sample recovered after the treatment was divided by the amount of dried rice straw taken. The amount of silica present in the rice straw and the SRD was quantified based on TGA analysis. The post-treatment of S-ICEL, obtained from the first step of method 2, was performed under the conditions optimized in the first step of method 1 to get “base-treated cellulose (B-TCEL)”.

Organosolv pretreatment: Organosolv pretreatment experiments were done in an acid digestion vessel with a 45 mL thick-walled PTFE liner. Rice straw (500 mg) and 5 mL of 0.1 M organic acid in an ethanol/water (1:1) mixture were taken in a Teflon lined vessel and tightly closed. The vessel was then placed on an oil bath with a hot plate and magnetic stirrer, heated to the set temperature for the required time with a stirring rate of 600 rpm. After treatment, the vessel was cooled down to room temperature, and the reaction mixture was then filtered off to collect both solid fraction and the filtrate. The solid part was then washed well with an ethanol/water (1:1) mixture. An aliquot of the filtrate portion was analysed high-performance liquid chromatography (HPLC) to understand the formation of downstream products. The filtrate was diluted further with deionized water for enhancing LIG separation from HEM. The obtained solid part was S-ICEL, and the filtrate contained HEM and LIG. The filtrate portion was kept in a refrigerator until LIG precipitated, centrifuged, and quantified after dried at 40 °C in an oven. The leftover supernatant liquid portion was HEM and a minor amount of organic acid, quantified after removing the solvent using a rotary evaporator. The S-ICEL was washed and dried in a vacuum oven at 40 °C for 24 h. The yields of all isolated components were calculated by measuring their masses on a weighing scale based on vacuum oven-dried samples. Similarly, the obtained SRD from the first step in method 1 was subjected to organosolv treatment under the conditions optimized in the first step of method 2.

Conversion of CEL to butyl glucosides: An appropriate amount of rice straw or crude CEL obtained from the best method, and the required amount of sulfuric acid in butanol was taken in a 100 mL stainless steel vessel. The vessel was then flushed with N₂, pressurized to 20 bar N₂, and heated to the desired reaction temperature for a specific reaction time. After the completion of the reaction, the vessel was cooled down to room

temperature, and then aliquots of the reaction mixtures were analyzed in HPLC, as mentioned above. The removal of silica from rice straw to obtain CEL was performed by adopting two different two-step approaches, as shown in Scheme 1. The first method adopted was pretreatment of rice straw with a base to obtain SRD, followed by organosolv treatment with a mild organic acid in an ethanol–water mixture to get CEL. The second one was the organosolv pretreatment of rice straw with a mild organic acid in the ethanol–water combination to isolate S-ICEL, followed by base treatment to obtain CEL.

Base-organosolv treatment (Method 1): Influence of base (Step 1): Apart from the recalcitrant nature of rice straw due to its complex structure of components, the outer surface is predominately covered with a silica layer, thus emphasizing that silica removal is imperative. It is known that bases are generally being used in the desilication processes. The rice straw was initially treated with an aqueous solution of various bases, such as NaOH, NaHCO₃, Na₂CO₃, and urea, and the results are presented in Table 1. Among the bases employed, NaOH with a concentration of 0.07 M was found to be suitable for removing silica efficiently from rice straw without compromising the degradation of significant components at 70 °C for 4 h, as confirmed by subjecting the supernatant liquid samples to HPLC and UV-visible spectroscopy analysis for sugar components and LIG, respectively. The amount of silica present before and after the base treatment (SRD) was quantified by subjecting the samples to TGA analysis in air and found that NaOH favoured the highest removal of silica (73.3%) compared to other bases. After the treatment, SRD composed of CEL, HEM, and LIG was calcined at 575 °C for 24 h, and the leftover was predominantly ash, suggesting that the base treatment removed silica efficiently.

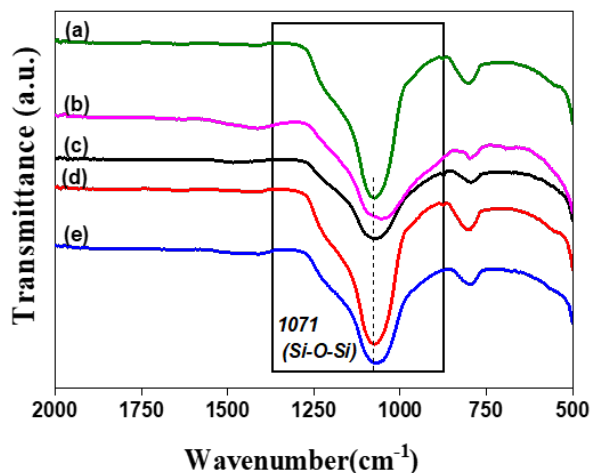
Analysing SPA-derived from rice straw and SRD would indicate the degree of silica removal from rice straw. Figure 1 shows the FTIR spectra of SPA-derived from various base-treated rice straw. The peak appeared at 1071 cm⁻¹ ascribed to Si–O–Si, which significantly shifted to a lower wavenumber when using NaOH for desilication compared to other bases. The

Table 1. Schematic representation of rice straw treatment with two different two-step approaches.

Base	SRD (wt%)	SPA (wt%)*	Silica (wt%)@	Silica Removal (%)@
Rice straw	--	11.3	10.5	-
Na ₂ CO ₃	74.4	4.9	6.6	37.1
NaHCO ₃	67.9	5.6	9.8	6.6
Urea	67.9	6.5	--	--
NaOH	69.8	2.8	2.8	73.3

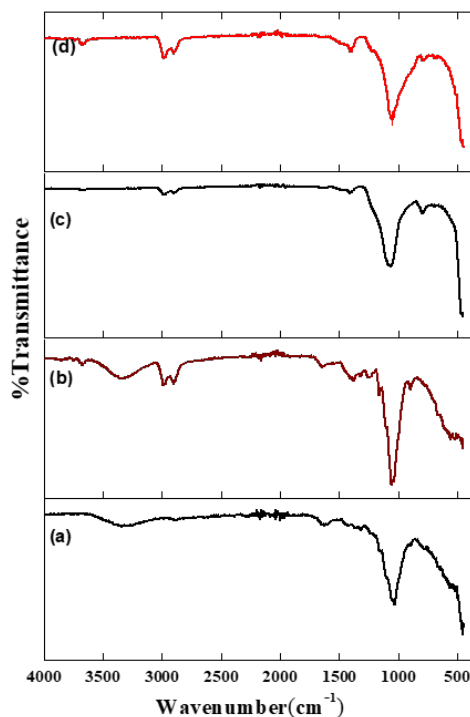
Pretreatment conditions: 100 mg rice straw, 0.07M base, 10 mL water 70 °C, 4 h.

*After calcination of SRD; @based on TGA analysis.



चित्र 2: FTIR स्पेक्ट्रा a) एसपीए-चावल के भूसे से व्युत्पन्न और चावल के भूसे के आधार उपचार के बाद प्राप्त SRD, b) NaOH, c) Na₂CO₃, d) NaHCO₃ और e) Urea

सिलिका हटाने की डिग्री का संकेत देगा। चित्रा 1 विभिन्न बेस-उपचारित चावल के भूसे से प्राप्त SPA के FTIR स्पेक्ट्रा को दर्शाता है। शिखर 1071 cm⁻¹ पर दिखाई दिया, जो Si-O-Si के रूप में वर्णित है, जो अन्य आधारों की तुलना में NaOH का उपयोग करते समय काफी कम तरंग संख्या में स्थानांतरित हो गया। सोडियम कार्बोनेट (pH -10), सोडियम बाइकार्बोनेट (pH -8) और यूरिया (pH -7) जैसे विभिन्न आधारों के साथ उपचार से पता चलता है कि सिलिका की एक महत्वपूर्ण मात्रा चावल के भूसे के साथ बरकरार रह सकती है और जमा हो सकती है। सतह, जिसे हटाया जाना चुनौतीपूर्ण हो सकता है। यह ज्ञात है कि NaOH चावल के भूसे की सतह पर सिलिका के साथ अन्य क्षारकों की तुलना में संभावित रूप से सोडियम सिलिकेट बनाने के लिए उनके संबंधित नमक बनाने के लिए कुशलता से प्रतिक्रिया कर सकता है। बेस ट्रीटमेंट का उपयोग करके चावल के भूसे से सिलिका को प्रभावी ढंग से हटाने की पुष्टि चावल के भूसे के नमूनों को 24 घंटे के लिए 575 °C पर गरम करके की गई थी। NaOH उपचारित चावल के भूसे के FTIR स्पेक्ट्रम ने चावल के भूसे की तुलना में सिलिका हटाने को स्पष्ट रूप से दिखाया (चित्र 2)। NaOH- उपचारित चावल के भूसे के FTIR स्पेक्ट्रा ने CEL और HEM (3200-3400 cm⁻¹), -CH CEL, HEM और LIG (2900 cm⁻¹), C-O के -OH समूहों के अनुरूप चोटियों को प्रदर्शित किया। और चावल के भूसे (चित्र 2a, b) की तुलना में LIG (1268-1470 cm⁻¹) का O-CH₃ खिंचाव, यह सुझाव देता है कि सिलिका हटाने ने प्रमुख घटकों की संबंधित विशेषता शिखर को बढ़ाया, मुख्य रूप से इसी के अनुरूप चोटियों को पीछे छोड़ दिया राख उदाहरण के लिए, चावल के भूसे के नमूनों (3400, 1720, 1619, 1268, और 901 cm⁻¹) में मौजूद कार्बनिक अंशों के अनुरूप सभी चोटियाँ कैल्सीनेशन के बाद गायब हो गईं। इसके अलावा, 1071 cm⁻¹ के शिखर पर Si-O-Si स्ट्रेचिंग को काफी हद तक 1042 cm⁻¹ की निचली आवृत्ति पर स्थानांतरित कर दिया गया है, जो चावल के भूसे से सिलिका को हटाने का सुझाव देता है (चित्र 2c, d)।



चित्र 3: a) चावल के भूसे का FTIR स्पेक्ट्रा, b) SRD, c) SPA-ऊष्मीय उपचार के बाद चावल के भूसे से व्युत्पन्न और d) SPA-ऊष्मीय उपचार के बाद एसआरडी से व्युत्पन्न

SRD का ऑर्गनोसॉल्व उपचार (चरण 2): यह दिखाया गया है कि बेस प्रीट्रीटमेंट ने चावल के भूसे से सिलिका हटाने को प्रभावी ढंग से प्रभावित किया (ऊपर देखें)। चूंकि NaOH के साथ चावल के भूसे का उपचार करने से सिलिका का प्रभावी निष्कासन दिखाई देता है, SRD को अनुकूलित ऑर्गोसोल्व उपचार स्थितियों के अधीन ट्रीटमेंट किया गया था, जैसा कि विधि 2 में दिखाया गया है। चावल के भूसे को aq NaOH के बाद ऑर्गनोसोल्व एप्रोच के साथ उपचार (एक उत्प्रेरक के रूप में एक विलायक और लैक्टिक एसिड के रूप में इथेनॉल-पानी का मिश्रण) केवल 28.3 wt% CEL, 16.4 wt% HEM, 2.5 wt% LIG और 6.0 wt% SPA (तालिका 2) को वहन करता है। एनआरईएल प्रक्रिया के अनुसार, चावल के भूसे में 42.9 wt% CEL, 23.9 wt% HEMs, 16.7 wt% LIG और 11.5 wt% SPA होता है। इन परिणामों ने संकेत दिया कि NaOH के बाद ऑर्गनोसोल्व उपचार से CEL की उपज में काफी कमी आई है। यह CEL की उपज को बढ़ाने के लिए एक वैकल्पिक दृष्टिकोण अपनाने पर जोर देता है।

ऑर्गनोसॉल्व-बेस ट्रीटमेंट (विधि 2): कार्बनिक अम्ल का प्रभाव (चरण 1): विधि 1 (बेस-ऑर्गोसोल्व उपचार) ने एनआरईएल प्रक्रिया द्वारा मूल्यांकन की गई वास्तविक मात्रा की तुलना में चावल के भूसे से प्राप्त अपेक्षाकृत कम CEL उपज दिखाई। इस प्रकार, यह विधि 1 को अन्य तरीकों से एक्सप्लोर करने के लिए सेट किया गया था: पहले ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट, उसके बाद बेस ट्रीटमेंट (विधि 2)। विभिन्न कार्बनिक अम्लों के साथ चावल के भूसे के ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट की शुरुआत में 4 घंटे

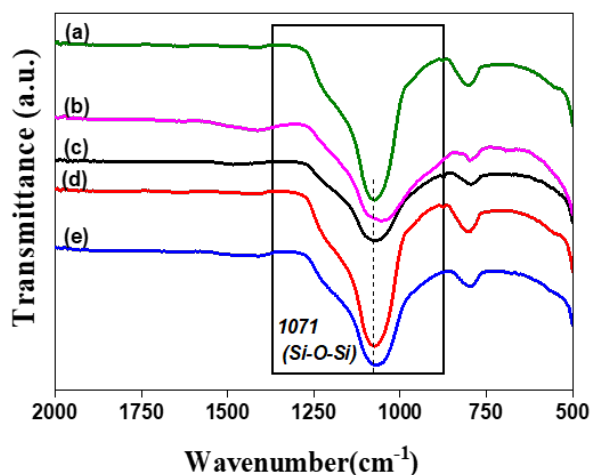


Figure 2. FT-IR spectra of a) SPA-derived from rice straw and the SRD obtained after base treatment of rice straw b) NaOH, c) Na₂CO₃, d) NaHCO₃ and e) Urea.

treatment with different bases, such as sodium carbonate (pH-10), sodium bicarbonate (pH-8), and urea (pH-7), showed a significant amount of silica might have remained intact with rice straw and deposited on the surface, which could be challenging to be removed. It is known that NaOH can efficiently react with silica on the surface of rice straw to form potentially sodium silicate compared to other bases to form their corresponding salt. The effective removal of silica from rice straw using base treatment was substantiated further by calcining the rice straw samples at 575 °C for 24 h. The FTIR spectrum of NaOH treated rice straw clearly showed silica removal compared to rice straw (Figure 2). The FTIR spectra of NaOH-treated rice straw displayed peaks corresponding to the -OH groups of CEL and HEM (3200–3400 cm⁻¹), -CH stretching of CEL, HEM, and LIG (2900 cm⁻¹), C–O and O–CH₃ stretching of LIG (1268–1470 cm⁻¹) compared to rice straw (Figure 2a, b), suggesting that the silica removal enhanced the corresponding characteristic peak of the major components, leaving behind the peaks predominately corresponding to ash. For instance, all the peaks corresponding to organic moieties present in the rice straw samples (3400, 1720, 1619, 1268, and 901 cm⁻¹) disappeared after calcination. Moreover, the peak at 1071 cm⁻¹ ascribed to Si–O–Si stretching significantly shifted to a lower frequency of 1042 cm⁻¹, suggesting the removal of silica from rice straw (Figure 2c, d).

Organosolv treatment of SRD (step 2): It has been shown that base pretreatment effectively influenced silica removal from rice straw (vide supra). As treating rice straw with NaOH showed efficient removal of silica, SRD was subjected to the optimized organosolv treatment conditions, as shown in method 2. Treating rice straw with aq. NaOH followed by organosolv ap-

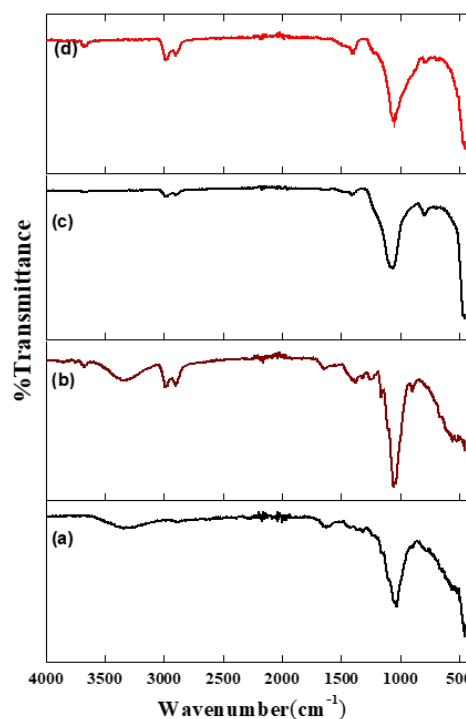


Figure 3. FT-IR spectra of a) rice straw, b) SRD, c) SPA derived from rice straw after thermal treatment and d) SPA-derived from the SRD after thermal treatment.

proach (ethanol-water mixture as a solvent and lactic acid as a catalyst) afforded only 28.3 wt% CEL, 16.4 wt% HEM, 2.5 wt% LIG and 6.0 wt% SPA (Table 2). According to the NREL procedure, rice straw possessed 42.9 wt% CEL, 23.9 wt% HEMs, 16.7 wt% LIG and 11.5 wt% SPA. These results indicated that NaOH followed by organosolv treatment significantly decreased the yield of CEL emphasizing adopting an alternative approach to enhance the yield of CEL.

Organosolv-base treatment (Method 2): Influence of organic acid (Step 1): Method 1 (base-organosolv treatment) showed a relatively low CEL yield obtained from rice straw compared to the actual amount assessed by the NREL procedure. Thus, it was set to explore method 1 other way around: first organosolv pretreatment, followed by base treatment (method 2). The organosolv pretreatment of rice straw with various organic acids was initially investigated in an ethanol-water mixture at 160 °C for 4 h, and the results are summarized in Table 3. Among the organic acids employed, lactic acid was found to be yielding an optimal amount of major components; S-ICEL (49.9 wt %), HEM (26.0 wt %), and LIG (7.2 wt %). This could be due to the intermittent pK_a (acid dissociation constant) value of lactic acid and the order of pK_a of used organic acid as follows: levulinic acid > acetic acid > lactic acid > formic acid > oxalic acid: 4.78 > 4.76 > 3.86 > 3.75 > 1.234. The amount of HEM (26.0 wt %) obtained from rice straw was slightly higher than the actual amount, indicating

तालिका 2. चावल के भूसे पर संयुक्त उपचार का प्रभाव

Method	Treatment	SRD (wt%)	CEL (wt%)	HEM (wt%)	LIG (wt%)	SPA (wt%)*
NREL	Rice straw	NA	42.9	23.9	16.7	11.5
Method 1	Step 1: NaOH	70.6	-	-	-	-
	Step 2: Organosolv	NA	28.3	16.4	2.5	6.0

(प्रतिक्रिया की स्थिति: 500 मिलीग्राम चावल का भूसा। आधार उपचार की स्थिति (चरण 1): 0.07 M NaOH, 50 ml, 70 °C, 4 घंटे; ऑर्गैनोसॉल्व शर्त (चरण 2): इथेनॉल में 0.1 M लैक्टिक एसिड का 15 ml: पानी (1:1), 160 °C, 4 घंटे, रचना प्रतिशत गणना पर आधारित है प्रत्येक नमूने का ओवन-सूखा वजन। *24 घंटे के लिए 575 °C पर कैल्सीनेटेड SRD पर आधारित)

के लिए 160 °C पर इथेनॉल-पानी के मिश्रण में जांच की गई थी, और परिणामों को तालिका 3 में संक्षेपित किया गया है। नियोजित कार्बनिक अम्लों में, लैक्टिक एसिड के साथ प्रमुख घटकों की इष्टतम मात्रा पाई गई; S-ICEL (49.9 wt%), HEM (26.0 wt%), और LIG (7.2 wt%)। यह लैक्टिक एसिड के आंतराधिक पीकेए (एसिड डिसोसिएशन स्थिरांक) मूल्य और उपयोग किए गए कार्बनिक एसिड के पीकेए के क्रम के कारण हो सकता है, जो इस प्रकार है: लेवुलिनिक एसिड > एसिटिक एसिड > लैक्टिक एसिड > फॉर्मिक एसिड > ऑक्सालिक एसिड: 4.78 > 4.76 > 3.86 > 3.75 > 1.2.34। चावल के भूसे से प्राप्त HEM (26.0 wt%) की मात्रा वास्तविक मात्रा से थोड़ी अधिक थी, यह दर्शाता है कि कार्बनिक अम्ल की उत्प्रेरक मात्रा भी HEM सामग्री की थोड़ी अधिक मात्रा में योगदान कर सकती है। इसके अलावा, LIG का एक हिस्सा अभी भी HEM (चित्रा 3सी) के साथ बरकरार है; संबंधित चोटियाँ 1507 और 1420 cm⁻¹ पर दिखाई दीं, जो एनआरईएल प्रक्रिया से प्राप्त मूल्य के अनुसार वास्तविक राशि की तुलना में HEM की उपज को बढ़ाने में आंशिक रूप से योगदान दे सकती हैं।

यह ज्ञात है कि एसिड का pKa जितना कम होगा, ब्रोस्टेड एसिड की ताकत उतनी ही अधिक होगी, जो आसानी से प्रोटॉन छोड़ देता है और चावल के भूसे में महत्वपूर्ण घटकों के विघटन की सुविधा प्रदान कर सकता है। इसके बारे में, ऑक्सालिक एसिड में लैक्टिक एसिड की तुलना में कम पीकेए होता है, इसलिए ऑक्सालिक एसिड आसानी से प्रोटॉन दान कर सकता है, जो विघटन प्रक्रिया को कुशलता से उत्प्रेरित कर सकता है। हालांकि, लैक्टिक एसिड इष्टतम S-ICEL, HEM, और LIG पैदावार प्रदान करता

है, यह सुझाव देता है कि इन तीन प्रमुख घटकों को विघटित करने के लिए एक मध्यम पीकेए मूल्य उपयुक्त होगा। इसके अलावा, लैक्टिक एसिड में एक हाइड्रॉक्सिल समूह होता है जो लैक्टिक एसिड और चावल के भूसे के घटकों में मौजूद हाइड्रॉक्सिल की मात्रा के बीच हाइड्रोजन बॉन्डिंग नेटवर्क की सुविधा प्रदान कर सकता है, इस प्रकार नियोजित अन्य कार्बनिक एसिड की तुलना में विघटन में सुधार करता है। इसके अलावा, लैक्टिक एसिड की उपस्थिति में इस ऑर्गैनोसॉल्व प्रीट्रीटमेंट के परिणामस्वरूप एक हेमीसेल्यूलोसिक सामग्री (26.0 wt%) और LIG (7.2 wt%) की प्राप्ति हुई, क्योंकि इथेनॉल कुछ हद तक एक डी-लिगेफिकेशन विलायक के रूप में कार्य करता है, और कोई अन्य एसिड से LIG 2.0 wt% से अधिक नहीं निकला।

चावल का भूसा मुख्य रूप से CEL, HEM, LIG और सिलिका से बना होता है, जिसमें विभिन्न कार्यात्मक समूह होते हैं (जैसे, -OH, -C=O, -CHO, -C=C-, और Ar) और FTIR विश्लेषण द्वारा इसकी निगरानी की जा सकती है। चित्र 3 S-ICEL, HEM, LIG, और चावल के भूसे की विशेषता को दर्शाता है जिसमें प्रमुख घटक के एक विशेष कार्यात्मक समूह को विशेषता-विशिष्ट चोटियों को सौंपा गया है। 3200-3400 और 2900 cm⁻¹ पर ब्रॉडबैंड क्रमशः CEL के O-H और C-H स्ट्रेचिंग को सौंपा गया था (चित्र 3बी)। यह ज्ञात है कि एक β-1,4 ग्लाइकोसिडिक लिंकेज CEL में ग्लूकोज इकाइयों को पाटता है, और 902 और 1157 cm⁻¹ पर C-H झुकने (रॉकिंग कंपन) और C-O-C ब्रिजिंग (एंटीसिमेट्रिक) स्ट्रेचिंग बैंड की संबंधित किया गया है। 1057 cm⁻¹ पर दिखाई देने वाली तेज चोटी को CEL में -C-O- समूह को माध्यमिक अल्कोहल और ईथर की स्ट्रेचिंग आवृत्ति के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। 2900 और 1373 cm⁻¹ पर बैंड को C-H स्ट्रेचिंग (ग्लूकोज यूनिट) और C-H विकृति निर्दिष्ट किया जा सकता है। CEL के साथ सिलिका की अक्षुण्णता की पुष्टि Si-O-Si 786 cm⁻¹ पर शिखर के रूप में हुई। हालांकि, S-ICEL का FTIR स्पेक्ट्रम HEM और LIG को पूरी तरह से हटाने की पुष्टि करने के लिए पूरक तकनीक नहीं है, क्योंकि घटकों के कार्यात्मक समूहों के बीच अंतर करना बहुत चुनौतीपूर्ण रहा है।

HEM और LIG अंशों के मामलों में, 1720 cm⁻¹ पर एक शिखर देखा गया था और इन घटकों में मौजूद C=O (असंयुग्मित केटो समूह) समूह (चित्र 3सी, डी) के लिए निर्दिष्ट किया गया था। चूंकि HEM मुख्य रूप से जाइलन से बना होता है, इसी अवशोषण शिखर को रेखिक और शाखित (1-4)-β-xylan (अरबीनोक्सिलान्स और ग्लूकुरोनोक्सिलान) दोनों के लिए 1040 cm⁻¹ पर देखा गया था। अन्य घटकों से LIG के अलगाव की पुष्टि 1507 cm⁻¹ पर एक शिखर की उपस्थिति से हुई, जिसे C=C अरोमाटीक कंकाल

तालिका 3. विभिन्न की उपस्थिति में घटकों का अलगाव कार्बनिक अम्ल

Organic acid	S-ICEL (wt%)*	HEM (wt%) [§]	LIG (wt%) [§]
Lactic acid	49.9	26.0	7.2
Levulinic acid	51.5	37.2	0.4
Formic acid	61.0	29.8	0.4
Acetic acid	67.3	27.9	1.9
Oxalic acid	45.5	44.7	0.4

(प्रतिक्रिया की स्थिति: 500 मिलीग्राम चावल के भूसे, 0.1 M कार्बनिक के 15 ml इथेनॉल में एसिड: पानी का मिश्रण (1:1), 160 °C, 4 घंटे। [§]प्रयोगात्मक देखें HEM और LIG को अलग करने की प्रक्रिया)

Table 2. Effect of combined treatment on rice straw

Method	Treatment	SRD (wt%)	CEL (wt%)	HEM (wt%)	LIG (wt%)	SPA (wt%)*
NREL	Rice straw	NA	42.9	23.9	16.7	11.5
Method 1	Step 1: NaOH	70.6	-	-	-	-
	Step 2: Organosolv	NA	28.3	16.4	2.5	6.0

Reaction Condition: 500 mg rice straw. Base treatment condition (step 1): 0.07 M NaOH, 50 mL, 70 °C, 4 h; Organosolv condition (step 2): 15 mL of 0.1 M lactic acid in the ethanol: water (1:1), 160 °C, 4 h. Compositions percentage calculation is based on the oven-dried weight of each sample. * based on SRD calcinated at 575 °C for 24 h

that the catalytic amount of organic acid could also partly contribute to the slight excess of HEM content. Moreover, a part of LIG is still intact with HEM (Figure 3c); corresponding peaks appeared at 1507 and 1420 cm^{-1} , which could also partly contribute to enhance the yield of HEM than the actual amount according to the value obtained from the NREL procedure.

It is known that the lower the pKa of acid, the higher the strength of the Bronsted acid, which readily gives up the protons and could facilitate the disintegration of the significant components in rice straw. About this, oxalic acid has lower pKa than lactic acid, inferring that oxalic acid can readily donate protons into the solution, which could efficiently catalyse the disintegration process. However, lactic acid afforded optimum S-ICEL, HEM, and LIG yields, suggesting that having a moderate pKa value would be appropriate for disintegrating these three major components. In addition, lactic acid has a hydroxyl group that could facilitate the hydrogen bonding network between lactic acid and the hydroxyl moiety present in rice straw components, thus improving the disintegration compared to other organic acids employed. Moreover, this organosolv pretreatment in the presence of lactic acid resulted in the liberation of a hemicellulosic content (26.0 wt %) and LIG (7.2 wt %) as ethanol acts as a delignification solvent to some extent, and no other acids yielded more than 2.0 wt % LIG.

Rice straw is predominantly composed of CEL, HEM, LIG, and silica, containing various functional groups

(e.g., $-\text{OH}$, $-\text{C}=\text{O}$, $-\text{CHO}$, $-\text{C}=\text{C}-$, and Ar) and can be monitored by FTIR analysis. Figure 3 shows the spectra of S-ICEL, HEM, LIG, and rice straw with characteristic peaks assigned to a particular functional group of the major component. Broadbands at 3200–3400 and 2900 cm^{-1} were assigned to O–H and C–H stretching of CEL, respectively (Figure 3b). It is known that a β -1,4 glycosidic linkage bridges glucose units in CEL, and the corresponding characteristic peaks of C–H bending (rocking vibration) and C–O–C bridging (antisymmetric) stretching bands at 902 and 1157 cm^{-1} , respectively, were observed. The sharp peak that appeared at 1057 cm^{-1} can be ascribed to the stretching frequency of secondary alcohol with a $-\text{C}-\text{O}-$ group and ether functions in CEL.³⁸ The absorption bands at 2900 and 1373 cm^{-1} can be ascribed to C–H stretching (glucose unit) and C–H deformation vibrations in CEL, respectively. The intactness of silica with CEL was confirmed by the appearance of a peak at 786 cm^{-1} for Si–O–Si. However, the FTIR spectrum of S-ICEL is not the complementary technique to substantiate the complete removal of HEM and LIG, as it has been very challenging to distinguish between the functional groups of components.

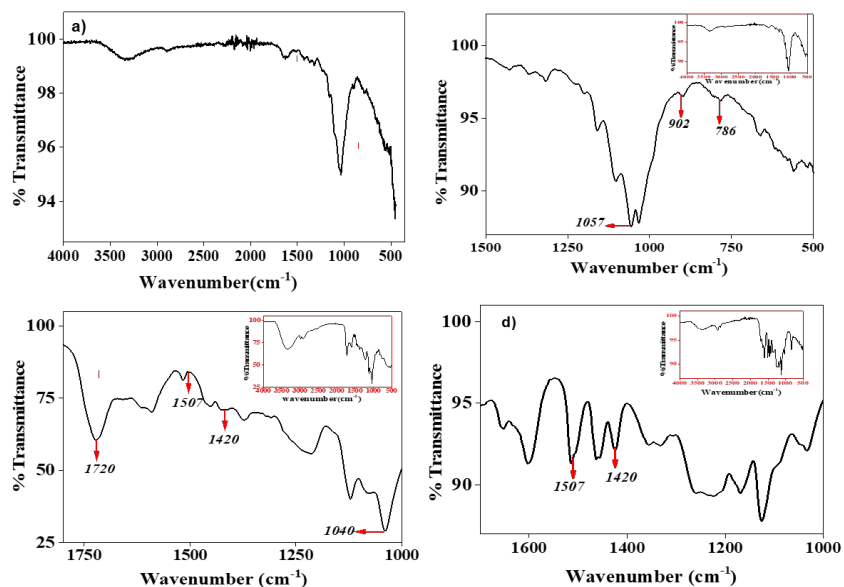
In the cases of HEM and LIG fractions, a peak at 1720 cm^{-1} was observed and ascribed to the $\text{C}=\text{O}$ (unconjugated keto group) group present in these components (Figure 3c,d). As HEM is primarily composed of xylan, the corresponding absorption peak was observed at 1040 cm^{-1} for both linear and branched (1–4)- β -xylan (arabinoxylans and glucuronoxylan). The separation of LIG from other components was confirmed by the appearance of a peak at 1507 cm^{-1} , which can be ascribed to the $\text{C}=\text{C}$ aromatic skeleton vibration, which was absent in CEL and HEM fractions. A band at 1420 cm^{-1} can be assigned to the C–H deformation of methyl and methoxy groups. LIG is comprised of mainly syringyl (C–O), guaiacyl (C–O aryl group), and the corresponding peaks appearing at 1328 and 1268 cm^{-1} , respectively (Figure 3d). All the characteristic peaks of the major components obtained from FTIR spectra are in line with the distinct peaks of rice straw. However, the FTIR spectra of these significant components do not provide substantial evidence for their complete isolation.

Base treatment of S-ICEL: As it has been shown that base pretreatment effectively influenced silica removal

Table 3. Isolation of components in the presence of various organic acids.

Organic acid	S-ICEL (wt%)*	HEM (wt%)*	LIG (wt%)*
Lactic acid	49.9	26.0	7.2
Levulinic acid	51.5	37.2	0.4
Formic acid	61.0	29.8	0.4
Acetic acid	67.3	27.9	1.9
Oxalic acid	45.5	44.7	0.4

Reaction condition: 500 mg rice straw, 15 mL of 0.1 M organic acid in ethanol: water mixture (1:1), 160 °C, 4 h. *See the experimental procedure for the separation of HEM and LIG



चित्र 4: ए) चावल के भूसे का FTIR स्पेक्ट्रा, बी) S-ICEL, सी) HEM, और डी) LIG

कंपन के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है, जो CEL और HEM अंशों में अनुपस्थित था। 1420 cm^{-1} पर एक बैंड को मिथाइल और मेथाक्सी समूहों के C-H विरूपण को सूँपा जा सकता है। LIG में मुख्य रूप से सिरिजिल (C-O), guaiacyl (C-O aryl group), और संबंधित चोटियाँ क्रमशः 1328 और 1268 cm^{-1} पर दिखाई देती हैं (चित्र 3डी)। FTIR स्पेक्ट्रा से प्राप्त प्रमुख घटकों के सभी विशिष्ट शिखर चावल के भूसे की अलग-अलग चोटियों के अनुरूप हैं। हालांकि, इन महत्वपूर्ण घटकों के FTIR स्पेक्ट्रा उनके पूर्ण अलगाव के लिए पर्याप्त साक्ष्य प्रदान नहीं करते हैं। S-ICEL का बेस उपचार: जैसा कि यह दिखाया गया है कि बेस प्रीट्रीटमेंट ने चावल के भूसे से सिलिका हटाने को प्रभावी ढंग से प्रभावित किया है

(विधि 1 में चरण 1, ऊपर देखें), ऑर्गैनोसॉल्व प्रीट्रीटमेंट के बाद तदनुसार प्रयोग किए गए हैं। इसके अलावा, चावल के भूसे को बेस (NaOH) से उपचारित करने के बाद ऑर्गैनोसॉल्व दृष्टिकोण से सिलिका को प्रभावी ढंग से हटाया जा सकता है। हालांकि, बेस उपचार पर कार्बोहाइड्रेट (2-3 wt%) और LIG (5.1 wt%) की महत्वपूर्ण हानि देखी गई जो हमें HPLC और UV विश्लेषण पता लगी। इस प्रकार, CEL, HEM और LIG गिरावट को कम करने के लिए बेस उपचार के बाद ऑर्गैनोसॉल्व प्रीट्रीटमेंट करना उचित है, और परिणाम तालिका 4 में प्रस्तुत किए गए हैं। NREL प्रक्रिया के अनुसार, चावल के भूसे में 42.9 wt% CEL, 23.9 wt% HEM, 16.7 wt% LIG और 11.5 wt% SPA होता है। NaOH के साथ चावल के भूसे

तालिका 4. चावल के भूसे पर पूर्व और बाद के उपचार का प्रभाव

Method	Treatment	CEL (wt%)	HEM (wt%)	LIG (wt%)	SPA (wt%)	Silica removal (%)@
NREL	Rice straw (NREL)	42.9	23.9	16.7	11.5 [#]	10.5
Method 1	Step 1: NaOH	--	-	-	-	-
	Step 2: Organosolv	28.3 (19.8) ^{\$}	16.4	02.5	06.0	87.6
Method 2	Step 1: Organosolv	49.9*	26.1	07.2	-	-
	Step 2: NaOH	36.6 (28.3) ^{\$}	-	-	05.9	90.4

(प्रतिक्रिया की स्थिति: 500 मिलीग्राम चावल का भूसा। ऑर्गैनोसॉल्व शर्त: इथेनॉल में 0.1 M कार्बनिक अम्ल का 15 ml: पानी (1:1), 160 °C, 4 घंटे, आधार उपचार की स्थिति: 0.07 M NaOH, 50 ml पानी, 70 °C, 4 घंटे। रचना प्रतिशत गणना ओवन-सूखे पर आधारित है प्रत्येक नमूने का वजन। * S-ICEL # चावल के भूसे के आधार पर 24 घंटे के लिए 575 °C पर कैल्कलाइड किया गया। \$ CEL को वास्तविक राशि मौजूद है CEL अंश NREL प्रक्रिया पर आधारित है। @ TGA विश्लेषण पर आधारित।)

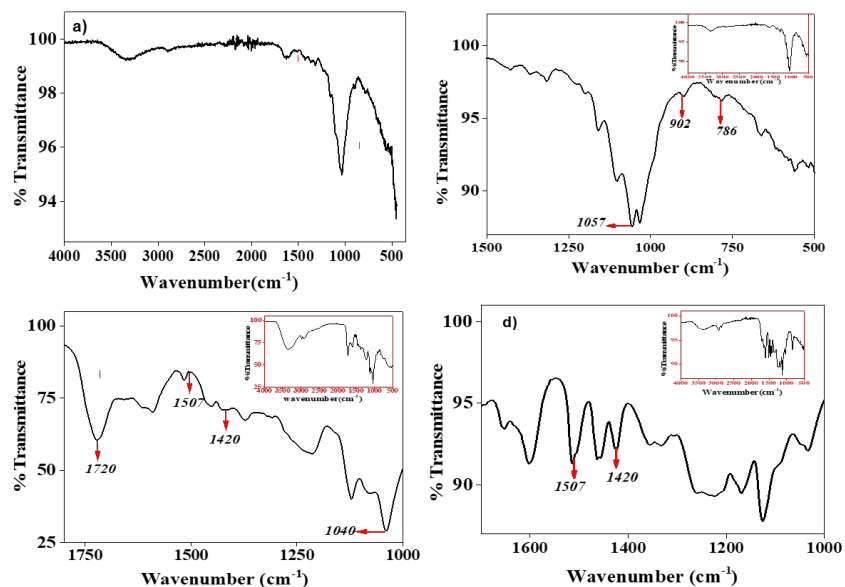


Figure 4. FT-IR spectra of a) rice straw, b) S-ICEL, c) HEM, and d) LIG.

from rice straw (step 1 in method 1, vide supra), experiments have been performed accordingly after the organosolv pretreatment. Moreover, treating rice straw with base (NaOH) followed by the organosolv approach led to efficient removal of silica. However, significant loss of carbohydrate (2-3 wt%) and LIG (5.1 wt%) based on HPLC and UV analysis, respectively, was observed due to its solubility in the basic medium. Thus, it is worth performing organosolv pretreatment, followed by base treatment to alleviate CEL, HEM and LIG degradation, and the results are presented in Table 4. According to the NREL procedure, rice straw possessed 42.9 wt% CEL, 23.9 wt% HEM, 16.7 wt% LIG and 11.5 wt% SPA. The treatment of rice straw with NaOH followed by organosolv approach (ethanol-water mixture as a solvent

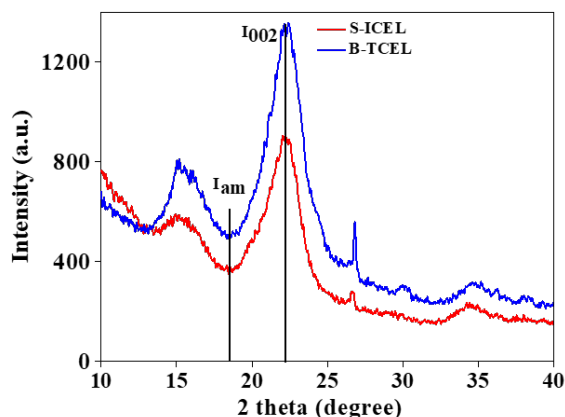
and lactic acid as a catalyst) afforded only 28.3 wt% CEL, 16.4 wt% HEM, 2.5 wt% LIG and 6.0 wt% SPA.

Interestingly, the silica removal was performed the other way around, that is, organosolv pretreatment followed by base treatment, gave 36.6 wt% CEL, 26.1 wt% HEM, 7.2 wt% LIG and 5.9 wt% SPA, inferring that this reverse approach ultimately lessens the degradation of CEL (36.6 wt%) (Table 4) which is only 8.3 wt% lower than the CEL content obtained using NREL procedure. In addition, the recovered amount of HEM and LIG improved, inferring that using the base during the second step could diminish the degradation of CEL, thus enhancing the CEL content. Hence, this approach (method 2) was more suitable than pre-base treatment (method 1) for the disintegration of rice straw and gave

Table 4. Effect of pre and post base treatment on rice straw

Method	Treatment	CEL (wt%)	HEM (wt%)	LIG (wt%)	SPA (wt%)	Silica removal (%)@
NREL	Rice straw (NREL)	42.9	23.9	16.7	11.5 [#]	10.5
Method 1	Step 1: NaOH	--	-	-	-	-
	Step 2: Organosolv	28.3 (19.8) ^{\$}	16.4	02.5	06.0	87.6
Method 2	Step 1: Organosolv	49.9 [*]	26.1	07.2	-	-
	Step 2: NaOH	36.6 (28.3) ^{\$}	-	-	05.9	90.4

Reaction Condition: 500 mg rice straw. Organosolv condition: 15 mL of 0.1 M organic acid in Ethanol: water (1:1), 160 °C, 4 h, Base treatment condition: 0.07 M NaOH, 50 mL water, 70 °C, 4 h. Compositions percentage calculation is based on the oven-dried weight of each sample. ^{*}S-ICEL. [#]on the basis of rice straw calcinated at 575 °C for 24 h. ^{\$} The actual amount of CEL present in the CEL fraction is based on the NREL procedure. @based on TGA analysis.



चित्र 5: NaOH उपचार के पहले और बाद में CEL के XRD पैटर्न

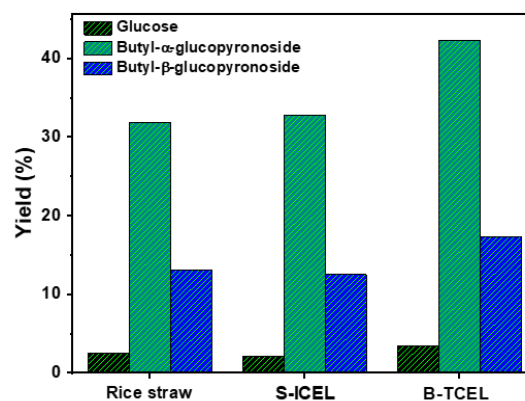
के उपचार के बाद ऑर्गनोसॉल्व दृष्टिकोण (लैक्टिक एसिड एक उत्प्रेरक के रूप में और इथेनॉल-पानी का मिश्रण के रूप में एक विलायक) केवल 28.3 wt% CEL, 16.4 wt% HEM, 2.5 wt% LIG और 6.0 wt% SPA वहन करता है।

दिलचस्प बात यह है कि सिलिका हटाने को दूसरे तरीके से किया गया था, यानी ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट के बाद बेस ट्रीटमेंट ने 36.6 wt% CEL, 26.1 wt% HEM, 7.2 wt% LIG और 5.9 wt% SPA दिया, यह उल्लेख करते हुए कि यह रिवर्स एप्रोच अंततः कम हो जाता है। CEL (36.6 wt%) (तालिका 4) का अवक्रमण, जो NREL प्रक्रिया का उपयोग करके प्राप्त CEL सामग्री से केवल 8.3 wt% कम है। इसके अलावा, HEM और LIG की बरामद राशि में सुधार हुआ है, यह कहते हुए कि दूसरे चरण के दौरान बेस का उपयोग CEL की गिरावट को कम कर सकता है, इस प्रकार CEL सामग्री को बढ़ा सकता है। इसलिए, यह दृष्टिकोण (विधि 2) चावल के भूसे के विघटन के लिए पूर्व-बेस उपचार (विधि 1) से अधिक उपयुक्त था और दिया गया था, दोनों विधियों 1 और 2 से अपेक्षाकृत कम था, CEL और HEM जैसे अन्य अंशों के अधीन थे NREL और UV विश्लेषण के लिए और पाया कि LIG के 88.0 और 78.4% क्रमशः पूरी तरह से जवाबदेह थे। इसके अलावा, विधि 2 से पता चलता है कि चावल के भूसे से 90.4% सिलिका हटाने के साथ-साथ LIG और HEM को हटाने का कुल 82 प्रतिशत CEL की उच्च उपज प्राप्त करने के लिए हासिल किया गया था (तालिका 4)। B-TCEL को XRD विश्लेषण के अधीन करने पर, क्रिस्टल-लिनिटी इंडेक्स NaOH उपचार के बाद 59.4% से बढ़कर 61.8% हो गया (चित्र 4)। यह अनुमान लगाया गया है कि बेस उपचार से CEL के रोमकूप अनुपात और सतह क्षेत्र में वृद्धि हुई है, इस प्रकार पिछली रिपोर्ट के अनुरूप सीआरआई में वृद्धि हुई है।

CEL की मात्रा: विधि 2 से प्राप्त CEL अंश में मौजूद घटकों को बेहतर के रूप में निर्धारित किया गया था। विधि 2 से प्राप्त B-TCEL को थोड़ा संशोधित NREL प्रक्रिया के अधीन किया गया था, जिसमें 50 मिलीग्राम B-TCEL को 0.5ml 72% सल्फ्यूरिक एसिड के साथ 15ml ace प्रेशर ट्यूब में लिया गया था और 250°C पर 1 घंटे के लिए उपचार किया गया था।

5.7ml विआयनीकृत पानी को घोल में मिलाया गया, 80°C पर oil bath में रखा गया और 5 घंटे तक हिलाया गया। नमूने के अंशों का HPLC (मुख्य रूप से शर्करा) में अच्छी तरह से विश्लेषण किया गया और पाया गया कि SRD 78.0 wt% CEL, 14.4 wt% HEM, 2.4 wt% LIG और 4.5 wt% SPA से 99.3% के द्रव्यमान संतुलन से बना था। LIG और SPA की गणना और मात्रा का ठहराव NREL प्रक्रिया के अनुसार किया गया था। इसके अलावा, विधि 2 का उपयोग करके नियोजित चावल के भूसे से प्राप्त CEL चावल के भूसे के संबंध में 66.0 wt% था। इसी तरह, विधि 1 से प्राप्त CEL 70.3 wt% CEL और 15.1 wt% HEM, 6.0 wt% LIG और 3 wt% SPA से बना था। विधि 1 से पुनर्प्राप्त CEL केवल 46.2 wt% था। इस प्रकार, विधि 2 का उपयोग करके चावल के भूसे से पुनर्प्राप्त सेल्यूलोसिक घटक एक आशाजनक दृष्टिकोण है; हालांकि, निकट-मात्रात्मक पुनर्प्राप्ति प्राप्त करने के लिए सेल्यूलोसिक घटकों की वसूली में सुधार की आवश्यकता है।

CEL का ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड में रूपांतरण: विघटन के महत्व और सिलिका को हटाने पर जोर देने के लिए, जो उत्प्रेरक परिवर्तन के दौरान हस्तक्षेप कर सकता है और चावल के भूसे से लक्ष्य उत्पाद की उपज को कम कर सकता है, विधि 2 से प्राप्त क्रूड CEL (बेहतर CEL उपज के संदर्भ में विधि 1 की तुलना में) संबंधित अल्कोहल में एल्काइल ग्लूकोसाइड्स (नान-इयोनिक सर्फैक्टेंट) थे, जिनका धुलाई, सफाई, फार्मास्युटिकल और कॉस्मेटिक उत्पादों में संभावित अनुप्रयोग हैं। आम तौर पर, माइक्रोक्रीस्टलाइन CEL का उपयोग अल्काइल ग्लूकोसाइड के उत्पादन के लिए एक सबस्ट्रेट के रूप में किया गया है और लिगोसेल्यूलोसिक बायोमास-आधारित सबस्ट्रेट से सीधे उत्पादन किया जाता है। चित्र 5 चावल के भूसे और S-ICEL और B-TCEL (सिलिका को हटाने से पहले और बाद में) से प्राप्त परिणामों को दर्शाता है। चावल के भूसे से 2.5% ग्लूकोज, 31.9% ब्यूटाइल- α -ग्लूकोपाइरानोसाइड और 13.1% ब्यूटाइल- β -ग्लूकोपाइरानोसाइड निकला। इसी तरह, चरण 1 के बाद विधि 2 से प्राप्त S-ICEL ने लगभग समान उत्पाद वितरण (2.1% ग्लूकोज, 32.8% ब्यूटाइल- α -ग्लूकोपाइरानोसाइड और 12.5% ब्यूटाइल- α -ग्लूकोपाइरानोसाइड



चित्र 6:

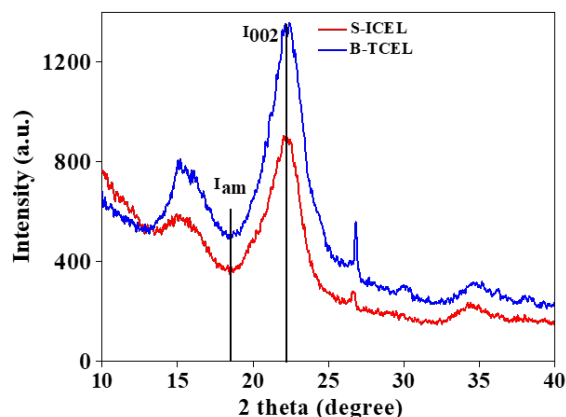


Figure 5. XRD patterns of CEL before and after NaOH treatment.

high total carbohydrates. As the obtained LIG content was relatively low from both methods 1 and 2, the other fractions such as CEL and HEM were subjected to NREL and UV analysis and found that 88.0 and 78.4 % of LIG were accountable altogether, respectively. Moreover, method 2 discloses that 82 % total removal of LIG and HEM along with 90.4 % of silica removal from rice straw was achieved to obtain a high yield of CEL (Table 4). On subjecting B-TCEL to XRD analysis, the crystallinity index increased to 61.8% from 59.4% after NaOH treatment (Figure 4). It has been speculated that base treatment led to an increase in the pore ratio and surface area of CEL, thus enhancing the CrI, as in line with the previous report.

Quantification of CEL: The components present in the CEL fraction obtained from method 2, as the better one, was quantified. The B-TCEL derived from method 2 was subjected to a slightly modified NREL procedure, in which 50 mg of B-TCEL was taken along with 0.5 mL of 72% sulphuric acid in 15 mL ace pressure tube and treated for 1 h at room temperature. 5.7 mL of deionized water was then added to the solution, kept in an oil bath at 80 ° C, and stirred for 5 h. The aliquots of the sample were thoroughly analysed in HPLC (mainly sugars) and found that the SRD was composed of 78.0 wt% CEL, 14.4 wt% HEM, 2.4 wt% LIG and 4.5 wt% SPA with a mass balance of 99.3%. The calculation and quantification of LIG and SPA were done according to the NREL procedure. Moreover, CEL recovered from the employed rice straw using method 2 was 66.0 wt% with respect to rice straw. Similarly, CEL obtained from method 1 was composed of 70.3 wt% CEL and 15.1 wt% HEM, 6.0 wt% LIG and 3 wt% SPA. CEL recovered from method 1 was only 46.2 wt %. Thus, the recovered cellulosic component from rice straw using method 2 is a promising approach; however, the recovery of cellulosic components needs to be improved for achiev-

ing near-quantitative recovery.

Conversion of CEL to butyl glucoside: To emphasize the importance of disintegration and the removal of silica, which could interfere during the catalytic transformation and decrease the yield of the target product, from rice straw, the crude CEL obtained from method 2 (better than method 1 in terms of CEL yield) was alkyl glucosides (nonionic surfactants) in corresponding alcohols, which have potential applications in washing and cleaning and pharmaceutical and cosmetic products. Generally, microcrystalline CEL has been used as a substrate for the production of alkyl glucoside and producing directly from lignocellulosic biomass-based substrates scarcely reported. Figure 5 shows the results obtained from rice straw and S-ICEL and B-TCEL (before and after the removal of silica). The rice straw yielded 2.5% glucose, 31.9% butyl - α -glucopyranoside and 13.1% butyl - β -glucopyranoside. Similarly, S-ICEL obtained from method 2 after step 1 gave pretty much the same product distribution (2.1% glucose, 32.8% butyl - α -glucopyranoside and 12.5 % butyl - β -glucopyranoside, indicating the presence of silica lowered the yields of butyl glucosides, though CEL predominantly disintegrated from HEM and LIG (Table 4). On the other hand, B-TCEL (crude CEL obtained from method 2 after the step) afforded an improved yield of butyl glucosides (42.3% butyl - α -glucopyranoside and 17.3 % butyl - β -glucopyranoside) along with 3.4% glucose, demonstrating the significance of the removal of silica from CEL for enhancing the yield of the target product. The crude CEL obtained from method 2 gave a 15.5% higher total yield (Figure 5) than rice straw.

It has been demonstrated the removal of silica and disintegration of significant components of rice straw with two different two-step approaches in an ethanol-water system in the presence of organic acid. Method 1 (base pretreatment followed by organosolv

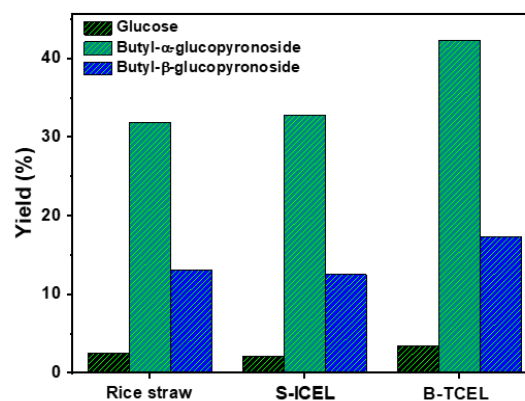


Figure 6. Production of butyl glycosides from treated and untreated CEL; Condition: Cellulose= 50 mg, 20 ml butanol, Conc of H₂SO₄ = 0.12M, time = 15 min, Temp = 140 °C.

दिया, जो सिलिका की कम उपस्थिति का संकेत देता है। ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड्स की पैदावार, हालांकि CEL मुख्य रूप से HEM और LIG (तालिका 4) से विघटित हो गई। दूसरी ओर, B-TCEL (स्टेप के बाद विधि 2 से प्राप्त कूड CEL) ने ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड्स (42.3% ब्यूटाइल- α -ग्लूकोपाइरानोसाइड और 17.3% ब्यूटाइल- β -ग्लूकोपाइरानोसाइड) और 3.4% ग्लूकोज की बेहतर उपज को वहन किया जो लक्ष्य उत्पाद की उपज बढ़ाने के लिए CEL से सिलिका को हटाने के महत्व को प्रदर्शित करता है। विधि 2 से प्राप्त कच्चे CEL ने चावल के भूसे की तुलना में 15.5% अधिक कुल उपज दी (चित्र 5)।

यह कार्बनिक अम्ल की उपस्थिति में इथेनॉल-जल प्रणाली में दो अलग-अलग दो-चरणीय दृष्टिकोणों के साथ चावल के भूसे के महत्वपूर्ण घटकों के सिलिका को हटाने और विघटन का प्रदर्शन किया गया है। विधि 1 (बेस प्रीट्रीटमेंट के बाद ऑर्गनोसॉल्व) चित्र 5. NaOH उपचार से पहले और बाद में CEL के XRD पैटर्न। कार्बनिक अम्ल के साथ उपचार ने न केवल CEL की कम वसूली को दिखाया, बल्कि विधि 2 की तुलना में CEL, HEM और LIG जैसे प्रमुख घटकों का पर्याप्त अपघटन भी दिखाया (बेस उपचार के बाद कार्बनिक अम्ल के साथ ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट), फिर से चावल के भूसे से सिलिका को हटाने और इसके विघटन के लिए उपयुक्त रणनीतिक दृष्टिकोण का खुलासा करना आवश्यक था। विधि 1 में, चावल के भूसे को 0.07 M NaOH के जलीय घोल से 700°C पर 4 घंटे के लिए उपचारित करने के बाद, बरामद ठोस केवल 70.6 wt% था। विधि 1 के दूसरे चरण के बाद, अर्थात्, इथेनॉल के 1:1 मिश्रण में 0.1 M लैक्टिक एसिड के साथ ऑर्गोसोल्व उपचार: 4 घंटे के लिए 1600°C पर पानी, बरामद ठोस घटक केवल 28.3 wt% (कच्चा CEL) के साथ 16.4 wt% HEM और 2.5 wt% LIG था।

दूसरी ओर, पहले चरण के बाद, विधि 2 ने 26.1 wt% HEM और 7.2 wt% LIG (तालिका 4) के साथ 49.9 wt% S-ICEL प्राप्त किया, जिससे HEM और LIG सामग्री में सुधार के लिए पहले ऑर्गोसोल्व प्रीट्रीटमेंट को नियोजित करने के महत्व का पता चलता है। दूसरे चरण (बेस उपचार) के बाद, विधि 2 ने 36.6 wt% CEL प्राप्त किया, जो कि विधि 1 से प्राप्त CEL से 8.3 wt% अधिक था। विधि 2 से प्राप्त कूड CEL को NREL उपचार के अधीन किया गया और पाया गया कि कूड CEL 78.0 wt%, HEM 14.4 wt%, LIG 2.4 wt% और 4.5 wt% SPA से बना है, जिसमें 99.3% का द्रव्यमान संतुलन है, यह स्पष्ट रूप से प्रकट करता है कि चावल को पहले ऑर्गोसोल्व दृष्टिकोण के साथ उपचारित करने के बाद बेस उपचार से न केवल CEL सामग्री में सुधार हुआ है बल्कि द्रव्यमान संतुलन भी। संक्षेप में, विधि 2 का उपयोग करके नियोजित चावल के भूसे से प्राप्त CEL चावल के भूसे में वास्तविक CEL (42.9 wt%) सामग्री से 66.0 wt% था। विधि 2 में बेस ट्रीटमेंट के बाद CEL से सिलिका को हटाने से S-ICEL (45.3% ब्यूटाइल ग्लूको-साइड्स) और चावल के भूसे (45.0% ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड) की तुलना में ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड्स (59.6%) की पैदावार में सुधार हुआ।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ निधि अग्रवाल, प्रियंका पाल, नीरज शर्मा, शुनमुगवेल सरवनमुरुगन; अविच्छिन्न ऑर्गनोसोल्व और क्षारीय पूर्व उपचार: चावल के भूसे से सेल्यूलोज के उत्पादन की ओर एक कुशल दृष्टिकोण; एसीएस ओमेगा 2021, 6, 41, 27247-27258.
- ◆ बेस उपचार के बाद ऑर्गोसोल्व पर आधारित मूल चावल के भूसे में वास्तविक सेल्यूलोज अंश (43%) की तुलना में चावल के भूसे से उच्च अंश (78% तक) के साथ सेल्यूलोज प्राप्त करने के लिए एक दो-चरणीय प्रक्रिया विकसित की गई।
- ◆ चावल के भूसे से प्राप्त सेल्यूलोज के उत्प्रेरक रूपांतरण ने समान परिस्थितियों में मूल चावल के भूसे (45% ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड) की तुलना में ब्यूटाइल ग्लूकोसाइड (60%) की अधिक उपज दी, जो चावल के भूसे से सिलिका को हटाने के महत्व को दर्शाता है।

treatment with an organic acid) showed not only a lower recovery of CEL but also the substantial decomposition of major components such as CEL, HEM, and LIG compared to method 2 (organosolv pretreatment with an organic acid followed by base treatment), revealing the suitable strategic approach for the removal of silica from rice straw and its disintegration was essential. In method 1, after treating rice straw with an aqueous solution of 0.07 M NaOH at 70 °C for 4 h, the solid recovered was only 70.6 wt%. After the second step of method 1, that is, organosolv treatment with 0.1 M lactic acid in 1:1 mixture of ethanol: water at 160 °C for 4 h, the recovered solid component was only 28.3 wt% (crude CEL) along with 16.4 wt% HEM and 2.5 wt% LIG from other fractions.

On the other hand, after the first step, method 2 yielded 49.9 wt% S-ICEL along with 26.1 wt% HEM and 7.2 wt% LIG (Table 4), revealing the importance of employing the organosolv pretreatment first for improving the HEM and LIG content. After the second step (base treatment), method 2 yielded 36.6 wt% CEL, which was 8.3 wt% higher than the CEL obtained from method 1. The crude CEL recovered from method 2 was subjected to NREL treatment and found that the crude CEL composed of 78.0 wt% CEL, 14.4 wt% HEM, 2.4 wt% LIG and 4.5 wt% SPA with a mass balance of 99.3%, clearly disclosing that treating rice with organosolv approach first followed by base treatment improved not only the CEL content but also the mass balance. In a nutshell, CEL recovered from the employed rice straw using method 2 was 66.0 wt% out of actual CEL (42.9 wt%) content in rice straw. The removal of silica from CEL after the base treatment in method 2 was favoured for improving the yield of butyl glucosides (59.6%) than what was obtained from S-ICEL (45.3% butyl glucosides) and rice straw (45.0% butyl glucosides).

Salient Achievements

- ◆ Nidhi Aggarwal, Priyanka Pal, Neeraj Sharma, Shunmugavel Saravanamurugan; Consecutive Organosolv and Alkaline Pretreatment: An Efficient Approach toward the Production of Cellulose from Rice Straw. *ACS Omega* 2021, 6, 41, 27247–27258
- ◆ ◆ A two-step process was developed for obtaining cellulose with a higher fraction (up to 78%) from rice straw than the actual cellulose fraction (43%) in the parent rice straw, based on organosolv followed by base treatment.
- ◆ ◆ Catalytic conversion of cellulose obtained from rice straw gave a higher yield of butyl glucoside (60%) than parent rice straw (45% butyl glucoside) under identical conditions, signifying the importance of removing silica from rice straw.

रसायन अभियान्त्रिकी



डॉ. शशिकुमार एलुमलाई

वैज्ञानिक-ई

रिसर्च फेल्लो

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

विशेषज्ञता

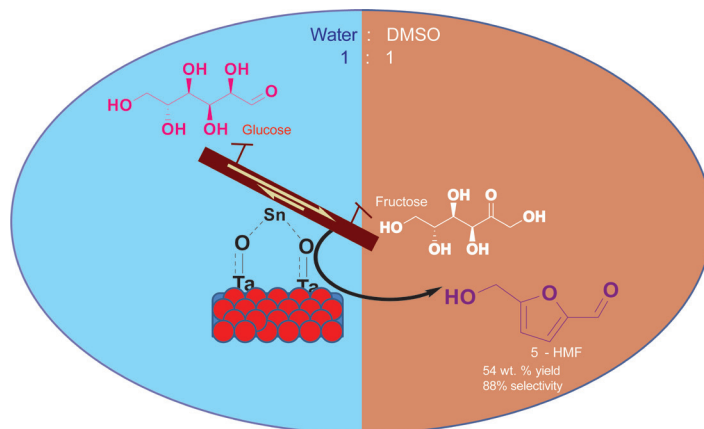
रासायनिक प्रतिक्रिया कैनेटीक्स और मॉडलिंग
प्लेटफॉर्म रसायनों में बायोमास रूपांतरण

हाल के वर्षों में, 5-हाइड्रोक्सीमिथाइलफुरफुरल (5-एचएमएफ) के स्थायी और बेहतर उत्पादन में समर्पित प्रयास किए गए हैं क्योंकि यह ईंधन के अग्रदूतों सहित विभिन्न प्रकार के महीन रसायनों के संश्लेषण में एक मध्यवर्ती के रूप में कार्य करता है, जैसे, 2,5-डाइमिथाइलफुरन (डीएमएफ), 2,5-फुरान डाइकार्बोक्सिलिक एसिड (एफडीसीए), 2,5-डिफॉर्मिलफुरन, लेवुलिनिक एसिड, कैप्रोलैक्टम और कुछ नाम रखने के लिए। [1]. कई प्रतिक्रियाशील समूहों वाले चक्रीय एल्डिहाइड अणु का नियमित उत्पादन ब्रॉस्टेड अम्लीय परिस्थितियों के तहत सजातीय या विषम तरीकों के माध्यम से हेक्सोज शर्करा (ग्लूकोज/फ्रुक्टोज)

के रासायनिक उत्प्रेरण के माध्यम से प्राप्त किया जाता है। [2] हालांकि, यह उच्च प्रतिक्रिया गंभीरता के कारण शर्करा (ओं) के क्षरण की कीमत पर प्राप्त किया जाता है जिससे असंरचित ह्यूमिन सहित विभिन्न अवांछित रसायनों को संश्लेषित करके एक बुरा प्रतिक्रिया वातावरण का विकास होता है। कुल मिलाकर, अध्ययनों ने फ्रुक्टोज के बजाय एक प्राथमिक सामग्री के रूप में ग्लूकोज को प्राथमिकता दी, इसके बावजूद कि बाद में 5-एचएमएफ संश्लेषण के प्रति तुलनात्मक रूप से बेहतर रासायनिक प्रतिक्रिया होती है और इसके लिए केवल एक चरण (निर्जलीकरण) की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, ग्लूकोज सीधे प्रचुर मात्रा में उपलब्ध और सस्ते लिग्नोसेल्यूलोसिक पदार्थों से प्राप्त किया जा सकता है, जिसमें लगभग 40 प्रतिशत सेल्यूलोज होता है। [3] हालांकि, ग्लूकोज को फ्रुक्टोज में परिवर्तित करके 5-एचएमएफ का उत्पादन करना उनकी संतुलन विशेषताओं के कारण एक चुनौतीपूर्ण कदम है। [4] इसके अलावा, 5-एचएमएफ के लिए एक प्रभावी ग्लूकोज रूपांतरण समावयवीकरण और निर्जलीकरण प्रतिक्रियाओं को बढ़ावा देने के लिए अलग-अलग परिचालन स्थितियों की मांग करता है। उदाहरण के लिए, लुईस अम्लीय/क्षारक स्थिति 120 डिग्री सेल्सियस पर ग्लूकोज समावयवीकरण के लिए सक्रिय है। [5] इसके विपरीत, अधिक गंभीर स्थिति (अर्थात् 120 डिग्री सेल्सियस तापमान के साथ ब्रॉस्टेड अम्लीय) फ्रुक्टोज निर्जलीकरण के लिए अनुकूल है। [6] इस परिस्थिति में, कोई दो अलग-अलग अनुकूल परिस्थितियों को प्रदान करने के लिए दो-चरणीय प्रसंस्करण दृष्टिकोण का विकल्प चुन सकता है। [1a] हालांकि, प्रत्येक चरण के बाद उपकरण स्थापना और उत्पाद पृथक्करण पर उच्च पूंजी निवेश के कारण प्रक्रिया उत्पाद लागत में वृद्धि कर सकती है। इसके अतिरिक्त, ग्लूकोज और फ्रुक्टोज शर्करा दोनों का क्षरण होता है और अवांछित पक्ष प्रतिक्रियाओं की अनुमति देता है, जिसके परिणामस्वरूप अशुद्धियों की एक विस्तृत श्रृंखला का संचय होता है। [5]

Ta₂O₅ पर एसएन डोपिंग समृद्ध 5-हाइड्रोक्सीमिथाइलफुरफुरल उत्पादन के लिए ग्लूकोज समावयवीकरण की सुविधा देता है और न्यूरल नेटवर्क मॉडल का उपयोग करके इसकी वास्तविक प्रतिक्रिया निष्कर्ष करता है

अभी तक, उत्प्रेरक के रूप में ठोस पदार्थों का उपयोग करके विभिन्न अनुकूल परिस्थितियों को प्रदान करके एक-चरण उत्प्रेरण के माध्यम से 5-एचएमएफ उत्पादन में सुधार करने के लिए समर्पित प्रयास किए गए



चित्र 1: एसएन डोपेड Ta₂O₅ का चित्रमय सार ग्लूकोज की 5-हाइड्रोक्सीमिथाइलफुरफुरल की प्रतिक्रिया उत्प्रेरित 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, dedicated efforts are made in the sustainable and improved production of 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) because it serves as an intermediate in the synthesis of a variety of fine chemicals, including fuel precursors, e.g., 2,5-dimethylfuran (DMF), 2,5-furan dicarboxylic acid (FDCA), 2,5-diformylfuran, levulinic acid, caprolactam and to name a few.[1] The routine production of the cyclic aldehyde molecule having multiple reactive groups is achieved through the chemical catalysis of hexose sugar (glucose/fructose) via homogeneous or heterogeneous

methods under Brønsted acidic conditions.[2] However, it is obtained at the expense of sugar(s) degradation due to the higher reaction severity, leading to the development of a nasty reaction environment by synthesizing various unwanted chemicals, including unstructured humin. Overall, studies preferred glucose as a feedstock rather than fructose, despite the latter possessing a comparatively better chemical reactivity towards 5-HMF synthesis and requiring just a single step (dehydration). Also, glucose can be directly obtained from the abundantly available and cheaper lignocellulosic substances, which contain nearly 40% cellulose.[3] However, converting glucose to fructose to produce 5-HMF is a challenging step due to their equilibrium characteristics.[4] Moreover, an effective glucose conversion to 5-HMF demands varying operating conditions to promote isomerization and dehydration reactions. For example, Lewis acidic/basic condition is operative for glucose isomerization at $\leq 120^\circ\text{C}$. [5] In contrast, a more severe condition (i.e., Brønsted acid with temperature $>120^\circ\text{C}$) is favorable for fructose dehydration.[6] Under this circumstance, one would opt for a two-stage processing approach for providing two different favorable conditions.[1a] However, the strategy can increase the product cost due to the higher capital investment on equipment installation and product separation after each stage. Additionally, both glucose and fructose sugars tend to undergo degradation and permit unwanted side reactions, resulting in the accumulation of a wide range of impurities.[5]

Sn doping on Ta₂O₅ facilitates glucose isomerization for enriched 5-hydroxymethylfurfural production and its true response prediction using a neural network model

To date, dedicated attempts have been made to improve the 5-HMF production through one-pot catalysis by providing different favorable conditions by using solid substances as a catalyst.[7] The beauty of the heterogeneous catalyst is that it can allow fine-tuning of the catalytic activities, facilitate rapid conversion over the wide active sites, and enable facile recovery

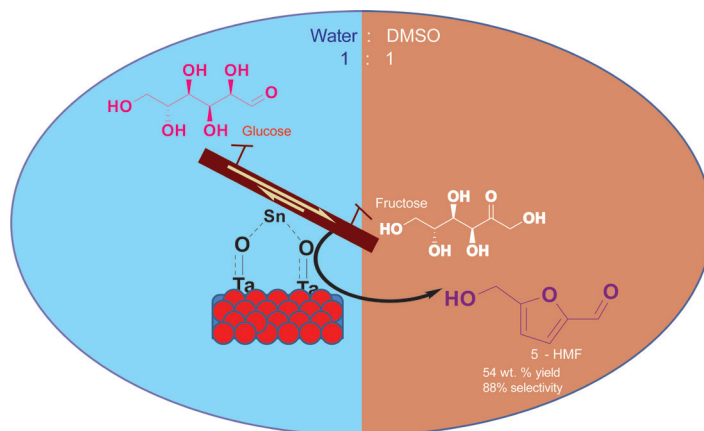
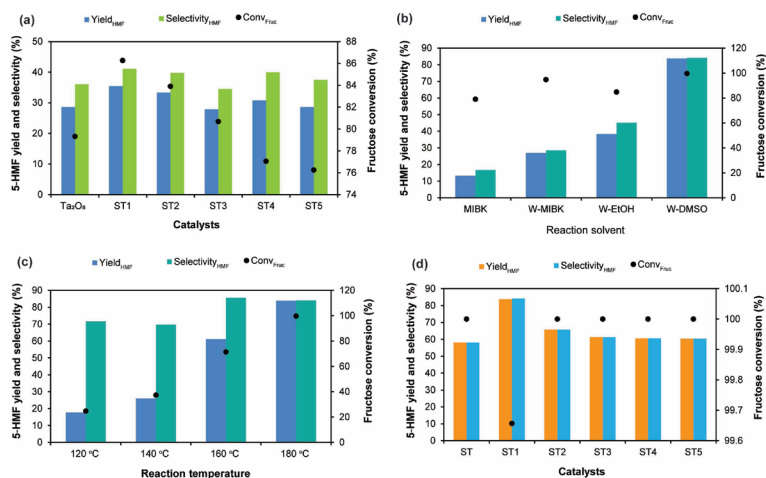


Figure 1. Graphical abstract of Sn doped Ta₂O₅ catalyzed reaction of glucose to 5-hydroxymethylfurfural



चित्र 2: 5-एचएमएफ संश्लेषण के लिए फ्रक्टोज कटैलिस्टीस का तुलनात्मक परिणाम: (ए) एक जलीय माध्यम में एसएन के विभिन्न स्तर (1 से 5 प्रतिशत वजन। डोपेंट के रूप में) वाले उत्प्रेरक का मूल्यांकन परिणाम, (बी) पर कार्बनिक विलायक का प्रभाव 5-एचएमएफ संश्लेषण, (सी) पानी-डीएमएसओ माध्यम में 5-एचएमएफ संश्लेषण पर तापमान का प्रभाव, और (डी) तुलनात्मक परिणाम जल-डीएमएसओ माध्यम में 5-एचएमएफ संश्लेषण में उत्प्रेरक।

हैं। [7] विषम उत्प्रेरक की खूबी यह है कि यह उत्प्रेरक गतिविधियों के बारीक समंजन की अनुमति दे सकता है, व्यापक सक्रिय साइटों पर तेजी से रूपांतरण की सुविधा प्रदान कर सकता है, और पुनः उपयोग के लिए आसान पुनर्प्राप्ति को सक्षम कर सकता है। [8] हालांकि, श्रमसाध्य और ऊर्जा-गहन तैयारी के कारण उत्प्रेरकों का बड़े पैमाने पर विकास समस्याग्रस्त है। [9] एक विकल्प में, प्राकृतिक ठोस सामग्री, जिसमें पृथ्वी धातु ऑक्साइड (जैसे, CaO, MgO) और संक्रमण धातु ऑक्साइड (जैसे, TiO₂, ZrO₂, टैंटलम ऑक्साइड), शर्करा का फ्यूजन में रूपांतरण के लिए लागत प्रभावी प्रक्रिया विकसित करने के लिए संभावित उत्प्रेरक के रूप में प्रस्तावित किया गया है। प्राकृतिक ठोस पदार्थों के उपयोग का प्रमुख लाभ यह है कि वे प्रकृति में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध हैं और सस्ते भी हैं। [10] इसके अलावा, उनके पास कई रोमांचक विशेषताएँ हैं, जैसे अनाकार, तापीय रूप से स्थिर, मध्यम सतह क्षेत्र के साथ मेसोपोरस, जल-सहिष्णु लुईस अम्लीय व्यवहार और समंजन करने योग्य अम्ल/क्षार चरित्र। हालांकि, अधिकांश धातु ऑक्साइड विशिष्ट ग्लूकोज रूपांतरण में सफल होने में सक्षम नहीं होते हैं, जब उत्प्रेरक सीमाओं के कारण (मूल रूप) के रूप में नियोजित किया जाता है, कम अम्लीय शक्ति और घटती उत्प्रेरक गतिविधि होती है उदाहरण के लिए, मोरालेस एट अल। (2014) ने ग्लूकोज पर 5-एचएमएफ रूपांतरण में Ta₂O₅ (संश्लेषण सामग्री) के प्रदर्शन का मूल्यांकन किया। अफसोस की बात है कि इसके परिणामस्वरूप मध्यम 5-HMF उपज (23 प्रतिशत वजन) हुई। [5] हालांकि, यह एक उच्च ग्लूकोज रूपांतरण (70 प्रतिशत तक) को सक्षम करता है, जो कि नाममात्र सतह क्षेत्र (3.3 एनएम मेसोपोर व्यास के साथ 79 एम²/जी) से उत्प्रेरक द्वारा पेश किए गए लुईस और ब्रॉस्टेड अम्लीय साइटों के प्रभाव के कारण होता है, [11] स्थापित करना शर्करा परिवर्तन को सुविधाजनक बनाने में इसकी क्षमता।

समझ में, अनुक्रमिक प्रतिक्रियाओं को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न परिचालन स्थितियों को प्रदान करने के लिए लुईस और ब्रॉस्टेड अम्लीय साइटों के गैर-समन्वित प्रावधान के साथ-साथ नाममात्र सतह क्षेत्र में 5-एचएमएफ के संश्लेषण की व्याख्या की जा सकती है। स्थिति पर काबू पाने के लिए, कई लोगों ने सतह की विशेषताओं (जैसे उत्प्रेरक पृष्ठीय क्षेत्रफल और ठोस उत्प्रेरक के अम्लीय गुणों) को बदलने के लिए धातु डोपिंग तकनीक का इस्तेमाल किया है। शर्करा परिवर्तन में उपयोग किए जाने वाले सक्रिय डोपेंट में से, Sn किसी भी प्रकार की सहायक सामग्री और इसकी लुईस अम्लीय विशेषताओं के साथ एक उत्तम संबंध बनाने की

अपनी बहुमुखी प्रतिभा के कारण लोकप्रिय है। उदाहरण के लिए, एसएन-बीटा जिओलाइट्स, एसएन-आणविक छलनी, एसएन-सिलिकेट्स और एसएन-अम्लीय रेजिन बेहतर ग्लूकोज समावयवीकरण दक्षता दिखाने वाले एसएन-डॉपेड उत्प्रेरक के प्रमुख रूप हैं। [13] Ta₂O₅ और Sn दोनों, वर्तमान अध्ययन ने ग्लूकोज का उपयोग करके 5-HMF के संश्लेषण में सुधार के लिए एक Sn डोपेड Ta₂O₅ (टैंटलम (V) एथाक्साइड का उपयोग करके संश्लेषित) उत्प्रेरक विकसित करने में रुचि दिखाई। समझने में, Sn+4 आयन, Ta₂O₅ की दो समीप Ta-O इकाइयों के O परमाणुओं के साथ दृढ़ता से परस्पर प्रभाव कर सकता है, सतह के गुणों में सुधार कर सकता है, जिसमें उत्प्रेरक सतह क्षेत्रफल और लुईस अम्लीय साइट शामिल हैं, जो ग्लूकोज समावयवीकरण के लिए अनुकूल हैं। [13ए] इसके अलावा, Ta₂O₅ की जालक पर Sn का सतही जमाव प्रतिक्रिया को व्यवस्थित रूप से सक्षम कर सकता है, जैसे कि निकट आने वाले ग्लूकोज अणु पहले Sn द्वारा प्रदान किए गए विस्तृत सतह क्षेत्र पर लुईस अम्लीय साइटों की पेशकश करते हुए प्रतिक्रिया करते हैं। इसके बाद, परिणामी Ta₂O₅ पर निर्जलित हो जाता है, जिसमें दोनों लुईस और ब्रॉस्टेड अम्लीय पाई जाती है इसने चयनात्मकता के साथ एक समृद्ध उत्पाद निर्माण की अपेक्षा को बढ़ा दिया। इसके अलावा, अध्ययन ने प्रतिक्रिया योजना और प्रतिक्रिया एक्सट्रपलेशन को बेहतर ढंग से समझने के लिए प्रतिक्रिया के लिए सबसे उपयुक्त होने के लिए तंत्रिका नेटवर्क तकनीक को नियोजित करके डेटा मॉडलिंग का प्रदर्शन किया। [14] इस प्रकार, अध्ययन ने उत्पादों में ग्लूकोज परिवर्तन में Sn डोपेड Ta₂O₅ उत्प्रेरक की शुरुआत की। इसके अलावा, विषम उत्प्रेरक के माध्यम से प्राप्त 5-एचएमएफ उपज और चयनात्मकता डेटा की सटीक भविष्यवाणी के लिए एक समकालीन मॉडलिंग तकनीक का उपयोग किया गया था।

यह अध्ययन संशोधित Sn-Ta₂O₅ उत्प्रेरक की तुलना में 5-HMF में प्रभावी ग्लूकोज परिवर्तन की कार्यनीति का खुलासा करता है। Ta₂O₅ पर शामिल Sn ने उत्प्रेरक के सतही गुणों, जैसे सतह क्षेत्र, कुल अम्लीय साइट आदि को प्रभावित किया। इसके अलावा, इसकी सतह के जमाव ने व्यापक सतह क्षेत्र और लुईस अम्लीय साइटों पर सकर परिवर्तन, यानी ग्लूकोज समावयवीकरण शुरू करने के लिए एक समर्पित स्थान प्रदान किया, और इस प्रकार, फ्रक्टोज (मध्यवर्ती) गठन को बढ़ावा दिया। सक्रिय प्रजातियों की पदानुक्रमित व्यवस्था ने प्रतिक्रियाओं को एक कैस्केड के अनुरूप आगे बढ़ाया, यानी ग्लूकोज समावयवीकरण के बाद निर्जलीकरण।

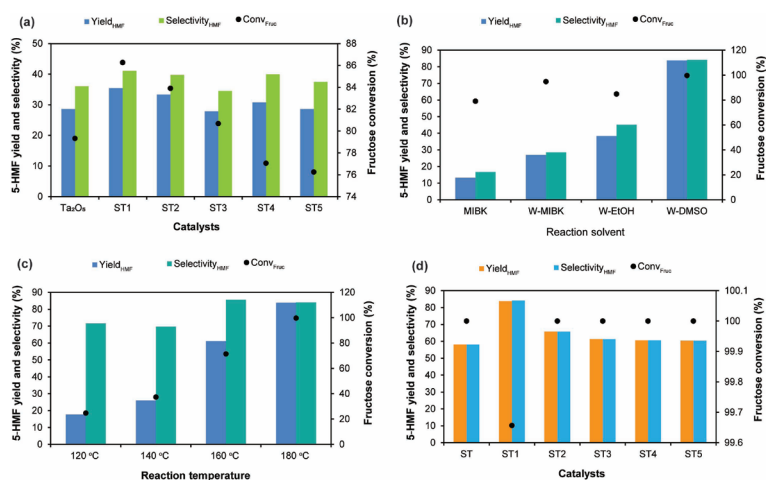
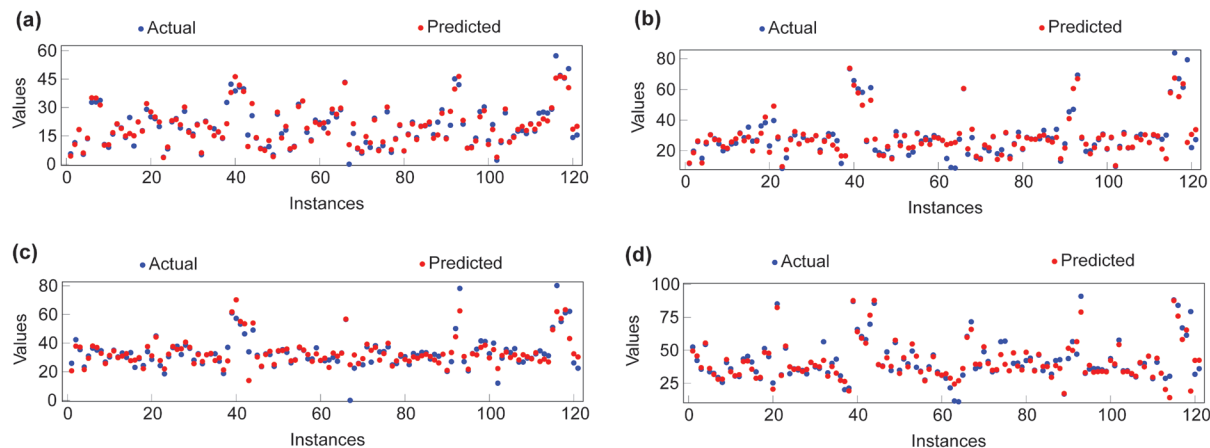


Figure 2. Comparative result of fructose catalysis to synthesis 5-HMF: (a) evaluation result of catalysts containing a varied level of Sn (1 to 5% wt. as dopant) in an aqueous medium, (b) effect of organic solvent on 5-HMF synthesis, (c) effect of temperature on 5-HMF synthesis in water-DMSO medium, and (d) comparative result of catalysts in 5-HMF synthesis in water-DMSO medium.

for reuse.[8] However, the large-scale development of the catalysts is problematic due to the laborious and energy-intensive preparations.[9] In an alternative, the natural solid materials, including earth metal oxides (e.g., CaO, MgO) and transition metal oxides (e.g., TiO₂, ZrO₂, tantalum oxide), have been proposed as a potential catalyst for developing a cost-effective process of conversion of sugars to furans. The major benefit of using natural solid materials is that they are abundantly available in nature and inexpensive.[10] In addition, they possess several exciting attributes, like amorphous, thermally stable, mesoporous with a moderate surface area, water-tolerant Lewis acidic behaviour, and tunable acid-base character. However, most metal oxides are not capable to succeed in the specific glucose conversion when employed as such (native form) due to the catalytic limitations, say lower acidic strength and diminishing catalytic activity. For instance, Morales et al. (2014) evaluated the performance of Ta₂O₅ (synthesis material) on glucose to 5-HMF conversion. Regrettably, it resulted in a moderate 5-HMF yield (23% wt.).[5] However, it enabled a higher glucose conversion (up to 70%), ascribed to the influence of Lewis and Brønsted acidic sites offered by the catalyst from the nominal surface area (79 m²/g with 3.3 nm mesopore diameter),[11] establishing its potential in facilitating the sugar transformation. In understanding, the synthesis of a lower 5-HMF can be interpreted to the nominal surface area along with the non-coordinated provision of Lewis and Brønsted acidic sites to provide different operating conditions for promoting the sequential reactions. For overcoming the situation, many have employed the metal doping technique to alter the surface characteristics (like catalytic surface area and acidic properties) of a solid catalyst.[12] Of the active dopants used in the sugar transformation, Sn is popular because of its versatility to make a perfect bonding with any variety of support materials and its Lewis acid characteristics. For example, Sn-beta zeolites, Sn-molecular sieves, Sn-silicates and Sn-acidic resins are the prominent forms of Sn-doped catalysts showing a better glucose isomerization efficiency.[13] Considering the talents of

both Ta₂O₅ and Sn, the present study showed interest in developing an Sn doped Ta₂O₅ (synthesized using tantalum (V) ethoxide) catalyst to improve the synthesis of 5-HMF using glucose. In understanding, the Sn⁴⁺ ion can strongly interact with the O atoms of two of the neighboring Ta-O units of Ta₂O₅, improving the surface properties, including catalytic surface area and Lewis acidic sites, which are favorable for glucose isomerization.[13a] Moreover, the surface deposition of Sn on Ta₂O₅'s lattice could enable the reaction systematically, like the approaching glucose molecules first get reacted over the wide surface area provided by Sn offering the Lewis acidic sites. Subsequently, the resultant is dehydrated over the Ta₂O₅, offering both Lewis and Brønsted acid sites. This increased the expectation of an enriched product formation with selectivity. Furthermore, the study performed data modeling by employing a neural network technique to have the best fit of the response to understand better the reaction scheme and reaction extrapolation.[14] Thus, the study introduced the Sn doped Ta₂O₅ catalyst in glucose transformation to products. Also, a contemporary modeling technique was used for an accurate prediction of the 5-HMF yield and selectivity data achieved via heterogeneous catalysis.

This study discloses the strategy of effective glucose transformation into 5-HMF over the modified Sn-Ta₂O₅ catalyst. The incorporated Sn on Ta₂O₅ influenced the surface properties, like surface area, total acidic sites, etc., of the catalyst. Moreover, its surface deposition provided a dedicated space for initiating the sugar transformation, i.e., glucose isomerization, over the wide surface area and Lewis acidic sites, and thus, promoted the fructose (intermediate) formation. 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. DMSO contributed

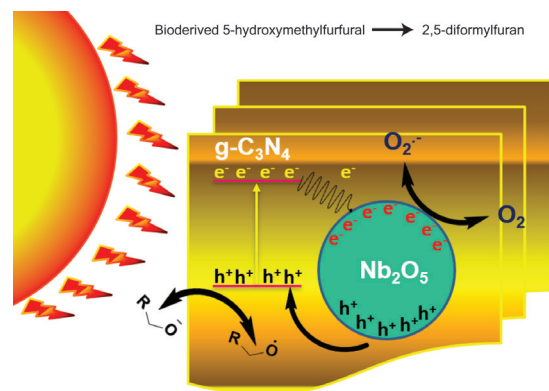


चित्र 3: तुलनात्मक एनएन मॉडलिंग परिणाम 5-एचएमएफ संश्लेषण के लिए चीनी परिवर्तन का परिणाम: (ए) 5-एचएमएफ का भविष्यवाणी परिणाम ग्लूकोज का उपयोग करके उपज, (बी) ग्लूकोज का उपयोग करके 5-एचएमएफ चयनात्मकता का पूर्वानुमान परिणाम, (सी) 5-एचएमएफ उपज का उपयोग करके भविष्यवाणी परिणाम फ्रुक्टोज, और (डी) फ्रुक्टोज का उपयोग करके 5-एचएमएफ चयनात्मकता का पूर्वानुमान परिणाम।

सभी संश्लेषित उत्प्रेरकों में से, जिसमें उत्प्रेरण के लिए नियोजित विभिन्न Sn स्तर शामिल थे, ST1 में 1 प्रतिशत Sn होने से अधिकतम उत्पादकता को सक्षम करते हुए, प्रतिक्रिया को प्रेरित किया, यानी, 57.2 प्रतिशत वजन। मामूली प्रतिक्रिया स्थितियों के तहत 5-एचएमएफ उपज और 80.2 प्रतिशत चयनात्मकता। डीएमएसओ ने फ्रुक्टोज की ओर संतुलन प्रतिक्रिया को स्थानांतरित करके रूपांतरण में महत्वपूर्ण योगदान दिया, जिसके परिणामस्वरूप > 65 प्रतिशत फ्रुक्टोज संश्लेषण हुआ, जो समृद्ध 5-एचएमएफ संश्लेषण के लिए जिम्मेदार है। सरल एक-चरण सेटअप 5-एचएमएफ में प्रत्यक्ष ग्लूकोज रूपांतरण के लिए एक औद्योगिक रूप से व्यवहार्य और टिकाऊ प्रसंस्करण प्रतिरूप का प्रतिनिधित्व करता है।

$\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{g-C}_3\text{N}_4$ 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। हाल के वर्षों में, गैर-नवीकरणीय और घटते जीवाश्म भंडार [1] से प्राप्त होने वाले पेट्रोकेमिकल उत्पादों को बदलने के लिए नवीकरणीय बायोमास (लिग्नोसेल्यूलोज) प्राथमिक सामग्री से ईंधन अप्रदूतों सहित ठीक रसायनों को संश्लेषित करने के लिए महत्वपूर्ण शोध समर्पित है। 2,5-di-formylfuran (DFF) संभावित जैव-व्युत्पन्न रसायनों में से एक है, जिसमें फ्रूटुरन-आधारित जैविक बहुलक (2,5-फ्रूटुरैडीकारबोक्सिलिक अम्ल से प्राप्त पॉलीइथाइलीन फ्रूटुरानोएट), कार्यात्मक सामग्री (फ्लोरोसेंट और सहित) के उत्पादन सहित अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला मिलती है। पृष्ठसक्रियकारक उत्पाद, दवाइयों, फुरान-आधारित यूरिया रेजिन, कवकनाशी, बस कुछ ही नाम के लिए [2]। यह 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल (एचएमएफ) का एक ऑक्सीडेटिव व्युत्पन्न उत्पाद है, जिसे बायोमास [3] के सेल्यूलोसिक घटक से उत्पादित किया जा सकता है। परंपरागत रूप से, HMF के DFF में ऑक्सीकरण के लिए रासायनिक या जैविक विधियों का उपयोग किया जाता है। डीएफएफ का संश्लेषण के लिये रासायनिक उत्प्रेरकों के लाभों को ध्यान में रखते हुए, विशेष रूप से विषम ठोस सामग्री, जैसे कि पुनः उपयोग के लिए उत्प्रेरक के आसान पृथक्करण की अनुमति देना और उत्प्रेरक गुणों (जैसे, उत्प्रेरक

गतिविधि और सतह क्षेत्र) के ठीक-ट्यूनिंग को सक्षम करना, अधिकांश अध्ययनों ने रासायनिक को प्राथमिकता दी है। [2ए, 3]। हालांकि, यह एचएमएफ के अल्कोहल समूह के डीएफएफ के एल्टिहाइड में चयनात्मक परिवर्तन और एल्टिहाइड समूह के अधिक ऑक्सीकरण जैसी चुनौतियां पेश करता है, जिससे विभिन्न प्रकार के अवांछित पक्ष उत्पाद निकलते हैं, जिसमें 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइल-2-फुरानकारबोक्सिलिक अम्ल, 2 फॉर्मिल शामिल हैं। -5-फुरानकारबोक्सिलिक अम्ल, आदि, उत्पाद चयनात्मकता को प्रभावित करते हैं [2बी]। इन मुद्दों पर काबू पाने के लिए, हाल के कई अध्ययनों ने आकर्षक और अत्याधुनिक प्रकाश उत्प्रेरक तकनीक को अनुकूलित किया है, जहां एचएमएफ के चयनात्मक रूपांतरण के लिए बाहरी प्रकाश रोशनी के तहत अर्धचालक सामग्री का उपयोग किया गया है, जिसके परिणामस्वरूप > 90% डीएफएफ चयनात्मकता [4] है। आज तक, विभिन्न प्रकाश घटना स्रोतों (यूवी/दृश्यमान) के तहत डीएफएफ संश्लेषण के लिए कई प्रकार की प्रकाश उत्प्रेरक सामग्री का पता लगाया जाता है।



चित्र 4. $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{g-C}_3\text{N}_4$ का चित्रमय सार प्रत्यक्ष सूर्य के प्रकाश विकिरण के तहत 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल के प्रकाश उत्प्रेरक ऑक्सीकरण के माध्यम से 2,5-डीआई फॉर्मिलफ्यूरन उत्पादन की सुविधा प्रदान करता है।

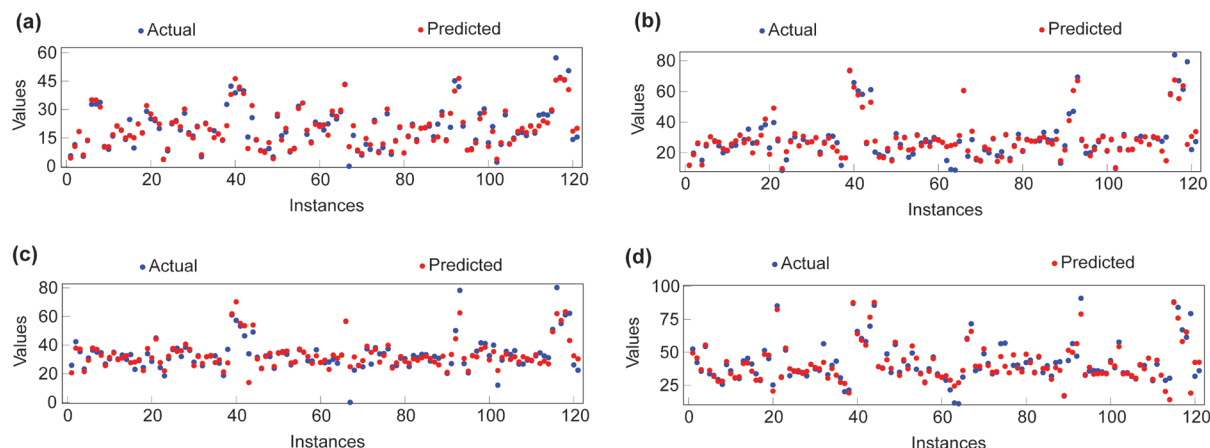


Figure 3. Comparative NN modeling result of sugar transformation to synthesis 5-HMF: (a) prediction result of 5-HMF yield using glucose, (b) prediction result of 5-HMF selectivity using glucose, (c) prediction result of 5-HMF yield using fructose, and (d) prediction result of 5-HMF selectivity using fructose.

significantly to the conversion by shifting the equilibrium reaction towards fructose, resulting in a >65% fructose synthesis, which accounts for the enriched 5-HMF synthesis. The facile one-pot setup represents an industrially feasible and sustainable processing model for direct glucose conversion to 5-HMF.

Heterojunction of $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{g-C}_3\text{N}_4$ facilitates 2,5-diformylfuran production via photocatalytic oxidation of 5-hydroxymethylfurfural under direct sunlight irradiation

In recent years, significant research is devoted to synthesizing fine chemicals, including fuel precursors, from the renewable biomass (lignocellulose) feedstocks to replace the petrochemical products being derived from the non-renewable and depleting fossil reserves [1]. 2,5-diformylfuran (DFF) is one among the potential bioderived chemicals that find a wide range of applications, including the production of furan-based biopolymers (polyethylene furanoate derived from 2,5-furandicarboxylic acid), functional materials (including fluorescent and surfactant products, pharmaceuticals, furan-based urea resins, fungicides), just to name a few [2]. It is an oxidative derivative product of 5-hydroxymethylfurfural (HMF), which can be produced from the cellulosic component of biomass [3]. Traditionally, chemical or biological methods are employed for the oxidation of HMF to DFF. Considering the advantages of the chemical catalysts, especially heterogeneous solid materials, like allowing easy separation of the catalyst for reuse and enabling a fine-tuning of catalytic properties (e.g., catalytic activity and surface area), the majority of the studies have preferred the chemical synthesis of DFF [2a, 3]. However, it offers challenges, like the selective transformation of the alcohol group of HMF to aldehyde of DFF and

over oxidation of the aldehyde group, leading to yield a variety of unwanted side products, including 5-hydroxymethyl-2-furancarboxylic acid, 2-formyl-5-furancarboxylic acid, etc., affecting the product selectivity [2b]. For overcoming these issues, several of the recent studies have adapted the charming and cutting-edge photocatalytic technology, where used the semiconductor materials under external light illumination for the selective conversion of HMF, resulted in a >90% DFF selectivity [4]. To date, several types of photocatalytic materials are explored for DFF synthesis under different light incident sources (UV/visible). For instance, recently, Wu et al. showcased the selective photocatalytic oxidation technology for converting HMF to DFF over metal-free graphitic carbon nitride ($\text{g-C}_3\text{N}_4$) un-

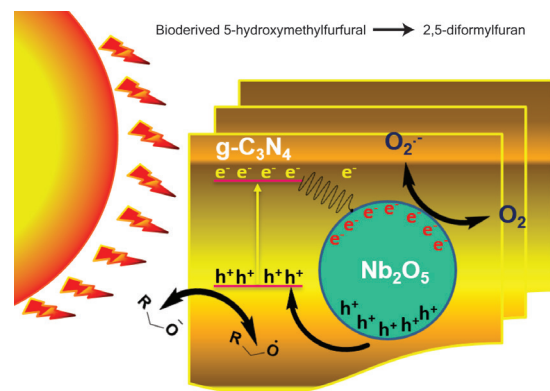
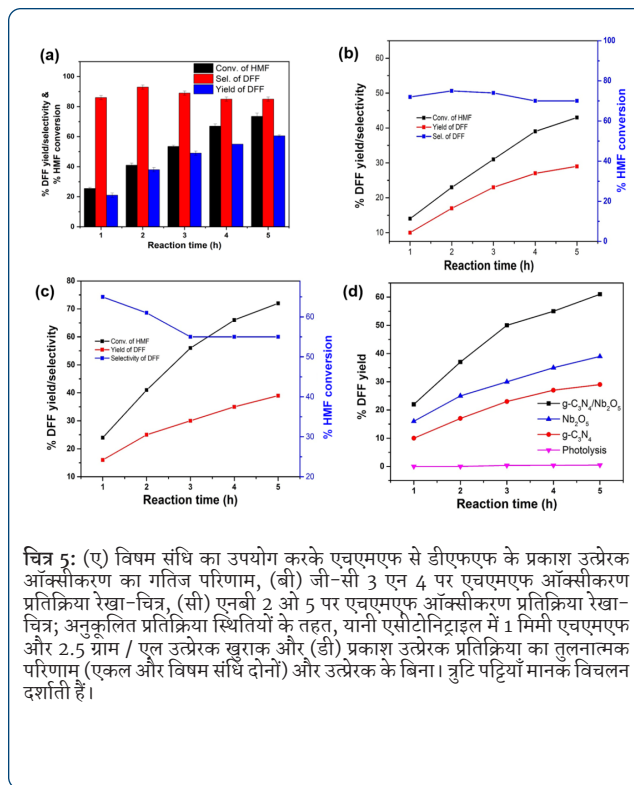


Figure 4. Graphical abstract of $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{g-C}_3\text{N}_4$ heterojunction catalyzed HMF conversion to DFF.

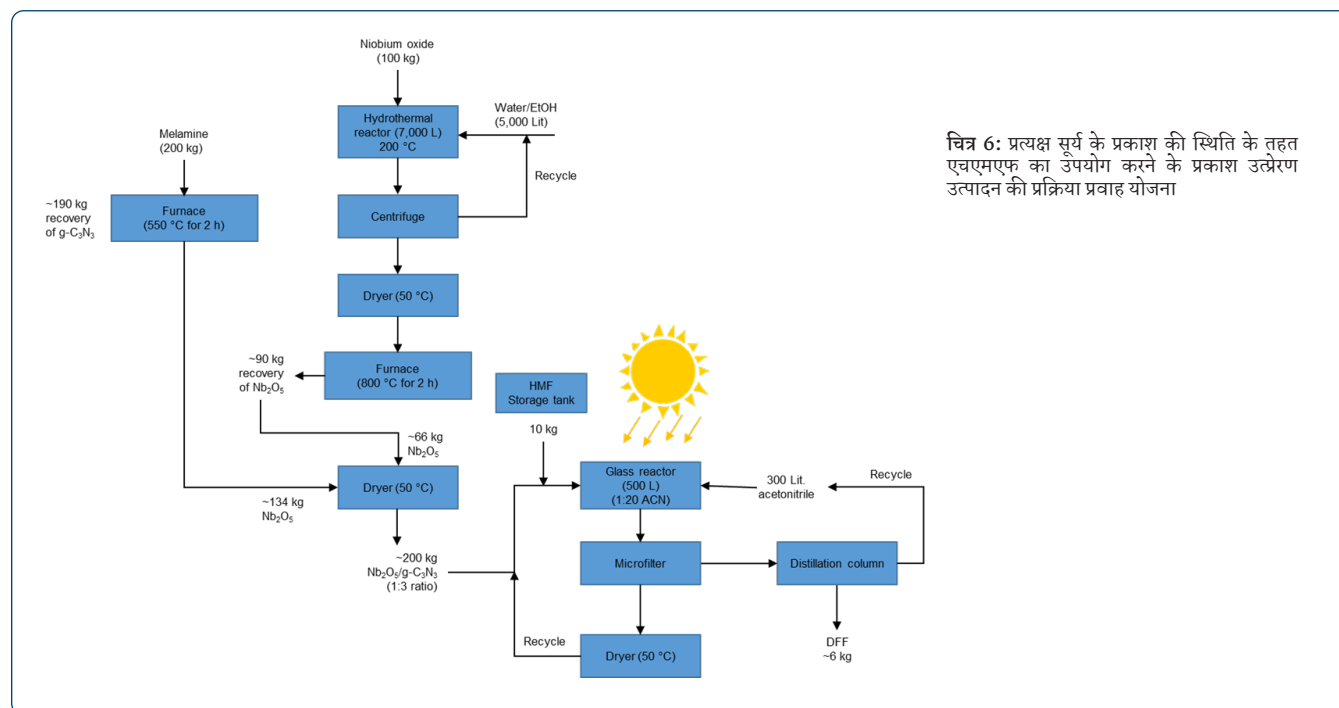
उदाहरण के लिए, हाल ही में, वू एट अल। दृश्य प्रकाश स्थितियों [5] के तहत धातु मुक्त ग्रेफाइटिक कार्बन नाइट्राइड ($g-C_3N_4$) पर HMF को DFF में परिवर्तित करने के लिए चयनात्मक प्रकाश उत्प्रेरक ऑक्सीकरण तकनीक का प्रदर्शन किया। सुपरऑक्साइड ($O_2^{\cdot-}$) रेडिकल्स की सक्रिय प्रजातियों के रूप में भाग लेने की सहायता से 86% चयनात्मकता हासिल की गई थी, हालांकि, इसने केवल एक मध्यम DFF उपज (27 mol.%) की सूचना दी और एक बाहरी O_2 गैस आपूर्ति की आवश्यकता थी।

इसके बाद, उसी समूह ने समान परिचालन स्थितियों के तहत Nb_2O_5 की प्रभावकारिता को सत्यापित किया; इसने उत्पाद की चयनात्मकता में थोड़ा सुधार किया (~91%), हालांकि, इसने खराब DFF उपज ($\leq 20\%$ mol.%) [4b] दिखाया। फिर भी, उत्प्रेरकों ने उत्प्रेरक के रूप में जटिल कार्बनिक ठोसों को नियोजित करने वाले पारंपरिक रासायनिक उत्प्रेरण के लिए एक तुलनीय DFF चयनात्मकता को प्रेरित किया, उदाहरण के लिए, $K_2S_2O_8$ [6] के साथ $Fe(NO_3)_3/Cu(NO_3)_2$ । इसके बाद, उसी समूह ने समान परिचालन स्थितियों के तहत Nb_2O_5 की प्रभावकारिता को सत्यापित किया; इसने उत्पाद की चयनात्मकता में थोड़ा सुधार किया (~91%), हालांकि, इसने खराब DFF उपज ($\leq 20\%$ mol.%) [4b] दिखाया। फिर भी, उत्प्रेरकों ने उत्प्रेरक के रूप में जटिल कार्बनिक ठोसों को नियोजित करने वाले पारंपरिक रासायनिक उत्प्रेरण के लिए एक तुलनीय DFF चयनात्मकता को प्रेरित किया, उदाहरण के लिए, $K_2S_2O_8$ [6] के साथ $Fe(NO_3)_3/Cu(NO_3)_2$ । प्रकाश उत्प्रेरण की अंतर्निहित अवधारणा यह है कि; (1) प्रकाश विकिरण के प्रभाव में अर्धचालक उत्प्रेरक द्वारा इलेक्ट्रॉन-छेद युग्मों का प्रकाश-जनन, (2) आवेश वाहकों का पृथक्करण और उत्प्रेरक की सतह पर प्रवास, (3) अपचयन या ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया में इलेक्ट्रॉनों या छिद्रों की भागीदारी, और (4) उत्प्रेरक की सतह पर आवेश वाहकों का पुनर्संयोजन [7]। इसलिए, यह व्याख्या की जा सकती है कि एकल प्रकाश उत्प्रेरक द्वारा कम उपज उपलब्धि का कारण, जैसे कि Nb_2O_5 (~ 3.2 eV के ऊर्जा अंतराल को प्रदर्शित करना) और $g-C_3N_4$ (~ 2.6 eV का ऊर्जा अंतराल), तेजी से पुनर्संयोजन के कारण होने की संभावना है। प्रकाशजनित विद्युदणु (ई-) - छेद (एच +) जोड़े



चित्र 5: (ए) विषम संधि का उपयोग करके एचएमएफ से डीएफएफ के प्रकाश उत्प्रेरक ऑक्सीकरण का गतिज परीक्षण, (बी) जी-सी 3 एन 4 पर एचएमएफ ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया रेखा-चित्र, (सी) एनबी 2 ओ 5 पर एचएमएफ ऑक्सीकरण प्रतिक्रिया रेखा-चित्र; अनुकूलित प्रतिक्रिया स्थितियों के तहत, यानी एसोडोनिट्राइल में 1 मिमी एचएमएफ और 2.5 ग्राम / एल उत्प्रेरक खुराक और (डी) प्रकाश उत्प्रेरक प्रतिक्रिया का तुलनात्मक परीक्षण (एकल और विषम संधि दोनों) और उत्प्रेरक के बिना। बूटि पट्टियाँ मानक विचलन दर्शाती हैं।

जो एक छोटे ऊर्जा अंतराल के कारण स्थापित मजबूत कूलम्बिक बल के कारण उत्प्रेरक के ऑक्सीकरण / अपचयन क्षमता को प्रभावित करते हैं [8]। आज तक, फोटो जनित ई-एच + जोड़े की तीव्र पुनर्संयोजन दर को दूर करने के लिए गंभीर प्रयास किए गए हैं; असमान बैंड संरचना वाले दो अलग-अलग अर्धचालकों के संयोजन से विषमसंधि का डिजाइन एक आशाजनक रणनीति बताया गया है [9]। एक संरचित बैंड संरचना का एक विशिष्ट विषम संधि प्रभावी रूप से चार्ज वाहक के हस्तांतरण की सुविधा



चित्र 6: प्रत्यक्ष सूर्य के प्रकाश की स्थिति के तहत एचएमएफ का उपयोग करने के प्रकाश उत्प्रेरण उत्पादन की प्रक्रिया प्रवाह योजना

der visible light conditions [5]. An 86% selectivity was achieved with the aid of the superoxide (O_2^-) radicals being played as active species, however, it reported only a moderate DFF yield (27 mol. %) and required an external O_2 gas supply. Subsequently, the same group verified the efficacy of Nb_2O_5 under similar operating conditions; it enabled a slightly improved product selectivity (~91%), however, it showed a poor DFF yield ($\leq 20\%$ mol.) [4b]. Nevertheless, the catalysts prompted a comparable DFF selectivity to the conventional chemical catalysis employing complex organic solids as catalysts, e.g., $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3/\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ with $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ [6].

The underlying concept of photocatalysis is that; (i) the photogeneration of electron-hole pairs by a semiconductor catalyst under the influence of light irradiation, (2) the separation of charge carriers and migration to the catalyst surface, (3) the participation of electrons or holes in a reduction or oxidation reaction, and (4) the recombination of charge carriers on the surface of the catalyst [7]. Therefore, it can be interpreted that the cause of the lower yield achievement by the single photocatalysts, such as Nb_2O_5 (exhibiting the bandgap of ~3.2 eV) and $\text{g-C}_3\text{N}_4$ (bandgap of ~2.6 eV), is likely due to the fast recombination of the photogenerated electron (e^-) - hole (h^+) pairs ascribed to the strong Coulombic force established due to a smaller bandgap, affecting the catalyst's oxidation/reduction potential [8]. To date, sincere efforts are made to overcome the rapid recombination rate of the photogenerated e^- - h^+ pairs; the design of heterojunction by combining two different semiconductors having an unequal band structure is reported to be a promising strategy [9]. A typical heterojunction of an aligned band structure can facilitate the transfer of charge carriers effectively and suppress the recombination of photogenerated e^- - h^+ pairs, thereby enhancing the

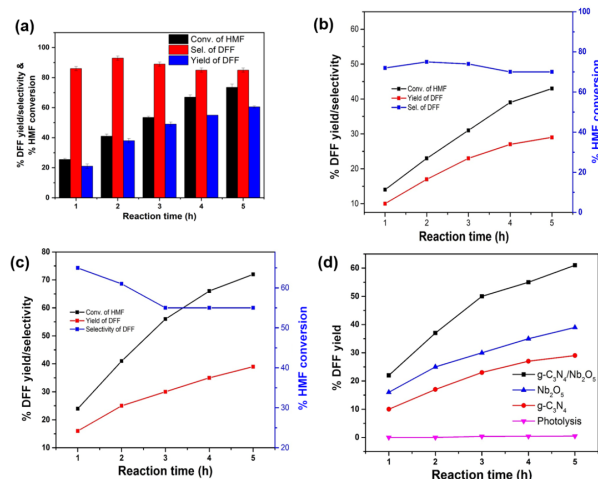


Figure 5. (a) Kinetic result of photocatalytic oxidation of HMF to DFF using heterojunction, (b) HMF oxidation reaction profile over $\text{g-C}_3\text{N}_4$, (c) HMF oxidation reaction profile over Nb_2O_5 ; under optimized reaction conditions, i.e., 1 mM HMF in acetonitrile and 2.5 g/L catalyst dose and (d) comparative result of photocatalytic reaction with (both single and heterojunction) and without catalysts. Error bars indicate the standard deviation.

photocatalytic performance (oxidation/reduction) [10]. Considering the achievements of the single photocatalysts, such as Nb_2O_5 and $\text{g-C}_3\text{N}_4$, in the DFF synthesis, the present study showed interest in the development of a semiconductor/graphene heterojunction (Nb_2O_5 and $\text{g-C}_3\text{N}_4$) for its application in the HMF to DFF conversion through the manipulation of recombination

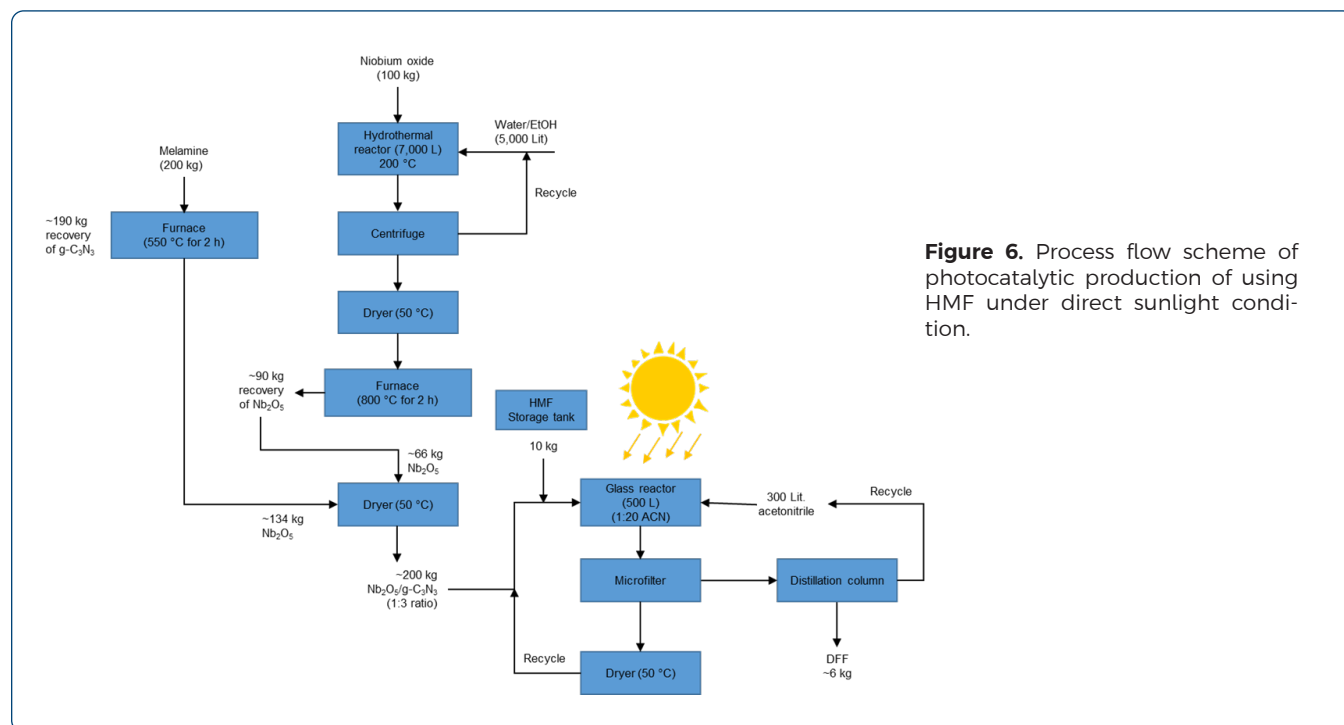
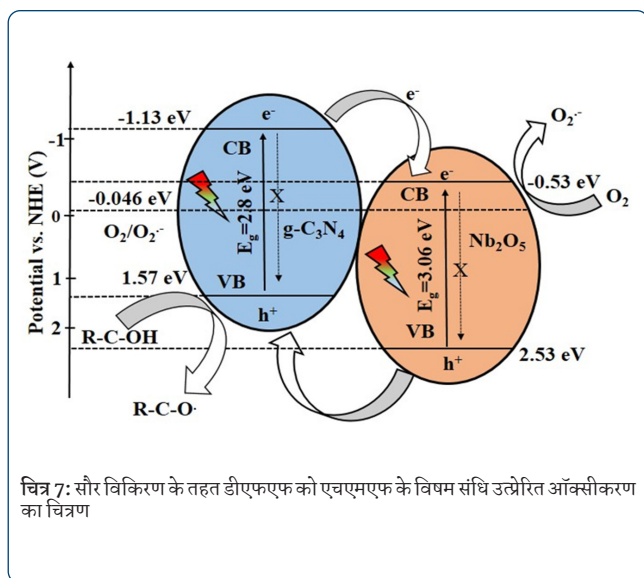


Figure 6. Process flow scheme of photocatalytic production of using HMF under direct sunlight condition.

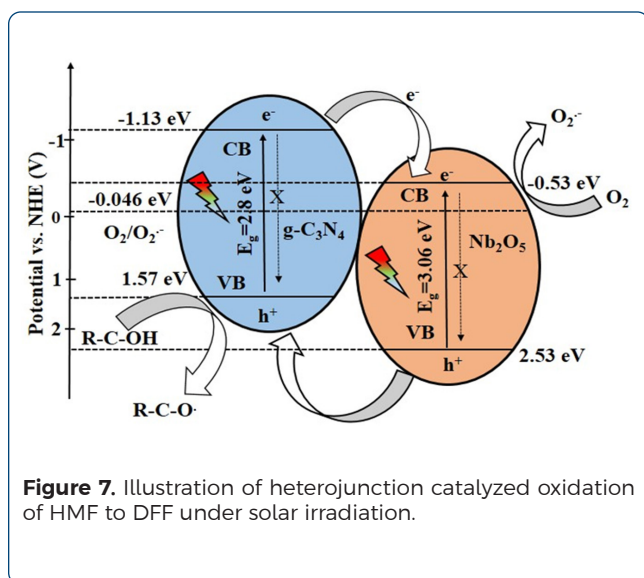


प्रदान कर सकती है और फोटो जनित ई-एच + जोड़े के पुनर्संयोजन को दबा सकती है, जिससे प्रकाश उत्प्रेरक प्रदर्शन (ऑक्सीकरण / अपचयन) [10] में वृद्धि हो सकती है। DFF संश्लेषण में एकल प्रकाश उत्प्रेरण, जैसे Nb₂O₅ और g-C₃N₄, की उपलब्धियों को ध्यान में रखते हुए, वर्तमान अध्ययन ने HMF से DFF में इसके अनुप्रयोग के लिए अर्धचालक/ग्राफीन विषम संधि (Nb₂O₅ और g-C₃N₄) के विकास में रुचि दिखाई। फोटो जनित चार्ज वाहक के पुनर्संयोजन के हेरफेर के माध्यम से रूपांतरण। डीएफएफ संश्लेषण में आवेदन के अलावा, धातु मुक्त कार्बन-आधारित अर्धचालक सामग्री श्रेणी से संबंधित ग्रेफाइटिक कार्बन नाइट्राइड (जी-सी 3 एन 4) को प्रकाश-प्रेरित प्रकाश अभिक्रिया [5, 11] में संभावित उम्मीदवार के रूप में दर्शाया गया है। इसी तरह, नाइट्रोबियम ऑक्साइड (Nb₂O₅), एक n-प्रकार का अर्धचालक, उच्च प्रकाशिक ऊर्जा अंतराल (3.2 eV), उच्च विशिष्ट सतह क्षेत्र और सतह अम्लता, बेहतर प्रकाशिक गुणों के लिए जिम्मेदार फोटो प्रतिक्रिया में एक कुशल उत्प्रेरक सामग्री के रूप में स्थापित किया गया है। आदि [4बी, 12]। सामग्रियों की ये अनुकूल विशेषताएं आंतरिक विशेषताओं में परिवर्तन के कारण एक बेहतर प्रकाश उत्प्रेरक गतिविधि देने के लिए विषम संधि को प्रभावित कर सकती हैं, विशेष रूप से पुनर्संयोजन दर के नियंत्रण की दिशा में बैंड किनारे की स्थिति का संरेखण; इसलिए, चयनात्मकता के साथ एक बेहतर उत्पाद एकाग्रता की उम्मीद की जा सकती है [13]। इसके अलावा, विषम संधि सभा स्वतंत्र ई-एच + जोड़े उत्पन्न कर सकती है जब पर्याप्त ऊर्जा के साथ प्रकाशित किया जाता है, जिससे इलेक्ट्रॉनों की आवाजाही g-C₃N₄ से Nb₂O₅ तक हो जाती है क्योंकि चालन बैंड की क्षमता में अंतर होता है जबकि छेद एक विपरीत पलायन अनुसरण कर रहे होते हैं [14] यह क्रिया आमतौर पर क्रमशः Nb₂O₅ और Nb₂O₅ में इलेक्ट्रॉनों और छिद्रों के संचय को प्रेरित करती है, इसलिए वाहकों की बड़ी उपलब्धता अपचयन और ऑक्सीकरण प्रतिक्रियाओं को तेज कर सकती है। नतीजतन, फोटो जनित चार्ज वाहक पुनर्संयोजन के स्थानिक पृथक्करण और दमन को प्राप्त किया जा सकता है। वर्तमान मामले में, समझने में, एचएमएफ से डीएफएफ के प्रकाश उत्प्रेरक ऑक्सीकरण को टाइप-II प्रकाश उत्प्रेरक तंत्र के माध्यम से संभव किया जा सकता है। अध्ययन में एचएमएफ ऑक्सीकरण पर डीएफएफ में Nb₂O₅/Nb₂O₅ विषम संधि की प्रभावशीलता देखी गई। फोटो जनित ई- और एच + जोड़े का तेजी से पुनर्संयोजन एक विशिष्ट प्रकाश उत्प्रेरण प्रतिक्रिया

में बाधा डालता है; समस्या पर काबू पाने के लिए, कार्बन-आधारित और ऑक्साइड-आधारित अर्धचालकों को अलग-अलग कार्य कार्यों के साथ जोड़कर एक Nb₂O₅/Nb₂O₅ विषमयुग्मन विकसित किया गया था। अध्ययन में एचएमएफ ऑक्सीकरण पर डीएफएफ में विषमयुग्मन की प्रभावशीलता देखी गई। फोटो जनित ई- और एच + जोड़े का तेजी से पुनर्संयोजन एक विशिष्ट प्रकाश उत्प्रेरण प्रतिक्रिया में बाधा डालता है; समस्या पर काबू पाने के लिए, कार्बन-आधारित और ऑक्साइड-आधारित अर्धचालकों को अलग-अलग कार्य कार्यों के साथ जोड़कर एक विषमयुग्मन विकसित किया गया था। विषम संधि ने सीधे सूर्य के प्रकाश विकिरण के तहत टाइप-II विषम संधि डबल चार्ज ट्रांसफर तंत्र के माध्यम से प्रतिक्रिया को बेहतर बना दिया, 5 घंटे के बाद 61% wt DFF उपज (या 62.2% mol) और 84% चयनात्मकता (या 86.14% मोल आधार) प्राप्त किया। यह उल्लेखनीय रूप से डीएफएफ उपज ऊर्जा वाहक पुनर्संयोजन दर को नियंत्रित करने में विषमयुग्मन की क्षमता के लिए बताई गई है। इसके अलावा, ACN ने सुधार करके प्रतिक्रिया में बहुत योगदान दिया है O₂•- बनाने के लिए इलेक्ट्रॉनों को काटने के लिए ऑक्सीजन का विघटन। इस प्रकार, एच + ने एचएमएफ से डीएफएफ के समृद्ध और चयनात्मक ऑक्सीकरण के लिए जिम्मेदार ठहराया, उपज को साहित्य रिपोर्ट की तुलना में लगभग 1.5 से 3.3 गुना अधिक दर्ज किया। कुल मिलाकर, आविष्कार एक और बेहतर उत्पाद एकाग्रता प्राप्त करने के लिए विभिन्न विषमयुग्मन को डिजाइन करने के लिए प्रेरणादायक है।

प्रमुख उपलब्धियां

- महला, संगीता, संधिल एम. अरुमगम, संदीप कुमार, दलविंदर सिंह, शैलजा शर्मा, भावना देवी, सुदेश के यादव और शशिकुमार एलुमलाई। “Ta₂O₅ पर Sn डोपिंग समृद्ध 5-हाइड्रॉक्सीमिथाइलफुरफुरल उत्पादन और तंत्रिका नेटवर्क मॉडल का उपयोग करके इसकी वास्तविक प्रतिक्रिया भविष्यवाणी के लिए ग्लूकोज की सुविधा प्रदान करसमावयवीकरणता है।” केमकेटकेम। (अभी स्वीकार किया गया)।
- विषमयुग्मन ने सीधे सूर्य के प्रकाश विकिरण के तहत टाइप-II विषमयुग्मन दोहरा चार्ज ट्रांसफर तंत्र के माध्यम से प्रतिक्रिया को बेहतर बना दिया, 5 घंटे के बाद 61% wt. DFF उपज (या 62.2% mol.) और 84% चयनात्मकता (या 86.14% मोल आधार) प्राप्त किया।



of the photogenerated charge carriers. Besides the application in DFF synthesis, graphitic carbon nitride (g-C₃N₄) belonging to the metal-free carbon-based semiconductor material category is represented to be a potential candidate in light-induced photoreactions [5, 11]. Similarly, the niobium oxide (Nb₂O₅), an n-type semiconductor, is established to be a proficient catalytic material in photoreactions attributed to the higher optical band gap (3.2 eV), higher specific surface area and surface acidity, superior optical properties, etc. [4b, 12]. These favorable attributes of the materials could influence the heterojunction to deliver a superior photocatalytic activity owing to the changes in the intrinsic characteristics, particularly alignment of the band edge positions towards the control of recombination rate; therefore, an improved product concentration with selectivity can be expected [13]. Furthermore, the heterojunction assembly could generate independent e⁻–h⁺ pairs when illuminated with adequate energy, enabling the movement of electrons from g-C₃N₄ to the Nb₂O₅ because of the difference in the potentials of conduction bands while the holes are following a reverse migration [14]. This action typically induces the accumulation of electrons and holes in Nb₂O₅ and g-C₃N₄, respectively, therefore the large availability of the carriers could accelerate the reduction and oxidation reactions. Consequently, spatial separation and suppression of the photogenerated charge carriers recombination can be achieved. In the present case, in understanding, the photocatalytic oxidation of HMF to DFF can be enabled via type-II photocatalytic mechanism.

The study witnessed the effectiveness of g-C₃N₄/Nb₂O₅ heterojunction on HMF oxidation to DFF. The rapid recombination of the photogenerated e⁻ and h⁺ pairs hamper a typical photocatalysis reaction; for overcoming the problem, a heterojunction was developed by combining the carbon-based and oxide-based semiconductors with varying work functions. The heterojunction outperformed the reaction via type-II heterojunction double charge transfer mechanism under direct sunlight irradiation, achieving as high as 61%

wt. DFF yield (or 62.2% mol.) and 84% selectivity (or 86.14% mole basis) after 5 h. This remarkably DFF yield is ascribed to the ability of the heterojunction in controlling the energy carriers recombination rate. Moreover, ACN has contributed a lot to the reaction by improving oxygen dissolution to harvest the electrons for forming the O₂^{•-} radicals. Thus, the h⁺ held responsible for the enriched and selective oxidation of HMF to DFF, affording the yield nearly 1.5 to 3.3-fold higher than the literature reports. Overall, the invention is inspiring to design various heterojunctions to achieve a further better product concentration.

Salient Achievements

- ◆ Mahala, Sangeeta, Senthil M. Arumugam, Sandeep Kumar, Dalwinder Singh, Shelja Sharma, Bhawana Devi, Sudesh K. Yadav, and Sasikumar Elumalai. "Sn doping on Ta₂O₅ facilitates glucose isomerization for enriched 5-hydroxymethylfurfural production and its true response prediction using a neural network model." *ChemCatChem*. (Just accepted).
- ◆ The heterojunction outperformed the reaction via type-II heterojunction double charge transfer mechanism under direct sunlight irradiation, achieving as high as 61% wt. DFF yield (or 62.2% mol.) and 84% selectivity (or 86.14% mole basis) after 5 h.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ जयिता भौमिक

वैज्ञानिक-डी

रिसर्च फेलो

डॉ महेश पाटिल, डॉ सीमा किरार, डॉ संजम चंदना; रवनीत कौर, येदुला निखिलेश्वर रेड्डी; शताब्दी पॉल; अनिल पुजारी, कुणाल गोगड़े, वर्षा सागर

विशेषज्ञता

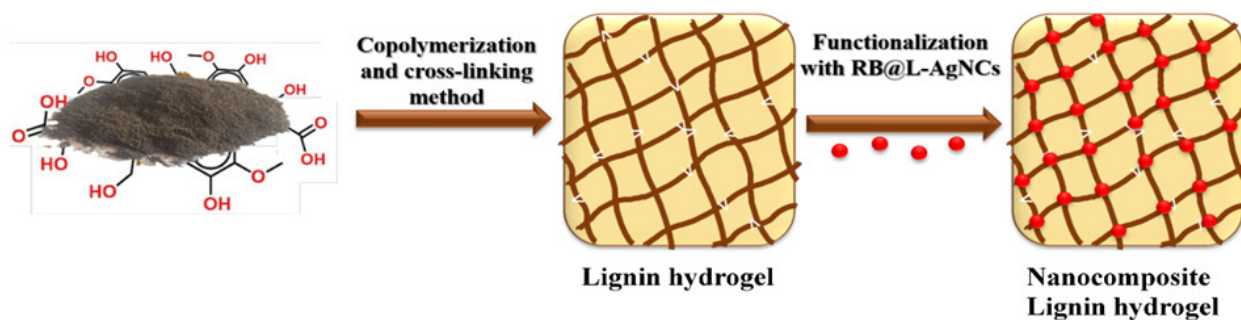
मूल्य वर्धित उत्पादों के लिए पौधों और सूक्ष्मजीवों की मेटाबोलिक इंजीनियरिंग। एंजाइम/सूक्ष्मजीवों पर आधारित बायोप्रोसेस के लिए सिंथेटिक बायोलॉजी और नैनोबायोलॉजी दृष्टिकोण और बायोमास के मूल्य वर्धित उत्पादों में परिवर्तन।

ए ग्री-बायोमास व्युत्पन्न लिग्निन एंटीऑक्सिडेंट, एंटीमाइक्रोबियल, यूवी-ब्लॉकिंग और कई अन्य संभावनाओं के साथ प्रचुर मात्रा में उपलब्ध बायोपॉलिमर है। इसलिए लिग्निन कार्यात्मक सामग्री जैसे नैनोमैटेरियल्स, कोटिंग्स, नैनोस्प्रे, हाइड्रोजेल आदि विकसित करने के लिए एक दिलचस्प सामग्री है। लिग्निन आधारित पारदर्शी हाइड्रोजेल को सरलीकृत विधि के माध्यम से विकसित किया गया था, जिसे आगे गुलाब-बंगाल-लिग्निन-सिल्वर मेटल नैनोकॉन्जुगेट्स के साथ डोप किया गया था। प्रकाश सक्रियण पर, ऐसी सामग्री ने आशाजनक रोगाणुरोधी प्रभावकारिता दिखाई। इसके अलावा लिग्निन का उपयोग टाइटैनियम डाइऑक्साइड नैनोकम्पोजिट विकसित करने में किया गया था, जिसे बाद में लिग्निन आधारित कोटिंग में डाल दिया गया था। इस तरह की सामग्री

ने सहक्रियात्मक यूवी अवरोधक और रोगाणुरोधी एजेंट के रूप में उच्च प्रभावकारिता का प्रदर्शन किया। लिग्निन का उपयोग वन-स्टेप तकनीक के माध्यम से नैनोस्फीयर-आधारित स्प्रे विकसित करने में किया गया था। यह नैनोस्प्रे एक संभावित फोटोसेंसिटाइज़र और बायोइमेजर एजेंट साबित हुआ है। हाल ही में, लिग्निन आधारित धातु-नैनोकॉम्प्लेक्स जब पॉलीपायरोलिक फोटोसेंसिटाइज़र के साथ संयुग्मित होते हैं, तो एसएआर-कोव -2 सेल लाइनों (डीबीटी-रीजनल सेंटर फॉर बायोटेक्नोलॉजी के सहयोग से किए गए शोध) के खिलाफ इन विट्रो प्रभावकारिता में बहुत अच्छा दिखाया गया है, विकसित लिग्निन आधारित कार्यात्मक सामग्री में उच्च क्षमता है माइक्रोबियल कीटाणुशोधन के माध्यम से सामाजिक प्रभाव।

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

1. माइक्रोबियल कीटाणुशोधन के लिए फोटोडायनामिक नैनोकॉन्जुगेट्स की डिलीवरी के लिए लिग्निन-आधारित हाइड्रोजेल: लिग्निन-आधारित बायोकंपैटिबल और फोटो-एक्टिवेबल हाइड्रोजेल को फोटोडायनामिक थेरेपी में उपयोग के लिए टिकाऊ और लागत प्रभावी सामग्री के रूप में विकसित किया गया था। प्रारंभ में, लिग्निन-आधारित सिल्वर नैनोकॉम्प्लेक्स (L-AgNCs) विकसित किए गए थे। इसके अलावा, गुलाब बंगाल (आरबी), एक सामान्य फोटोसेंसिटाइज़र का उपयोग उनकी सहक्रियाशीलता के लिए किया गया था। लिग्निन हाइड्रोजेल तब बायोकंपैटिबल एडिटिव्स (चित्र 1, 2) का उपयोग करके कोपोलिमराइजेशन तकनीक के माध्यम से तैयार किया गया था। बाद में, RB@L-AgNC नैनोकॉन्जुगेट्स को एक फोटोडायनामिक नैनोकम्पोजिट लिग्निन हाइड्रोजेल उत्पन्न करने के लिए नए गढ़े हुए लिग्निन हाइड्रोजेल में डोप किया गया। लिग्निन-आधारित हाइड्रोजेल के साथ-साथ नैनोकम्पोजिट हाइड्रोजेल को यूवी-विज स्पेक्ट्रोस्कोपी, एक्सआरडी, रियोलॉजी और एफईएसईएम विश्लेषण आदि सहित विभिन्न विश्लेषणात्मक उपकरणों के माध्यम से चित्रित किया गया है। लक्षण वर्णन के दौरान, देशी लिग्निन-आधारित हाइड्रोजेल ने संगठित मैक्रोपोर संरचना (चित्रा 2) का खुलासा किया। दिलचस्प बात यह है कि FESEM विश्लेषण ने लिग्निन-आधारित नैनोकम्पोजिट हाइड्रोजेल की एक छत्ते-प्रकार की संरचना का खुलासा किया। इसके अलावा, लिग्निन-आधारित हाइड्रोजेल में स्वयं चिपकने वाला और पीएच-उत्तरदायी क्षमता पाई गई। पीएच-उत्तरदायी व्यवहार ने लिग्निन हाइड्रोजेल से नैनो-सामग्री (आरबी@एल-एजीएनसी) के नियंत्रित रिलीज में मदद की। नैनोकम्पोजिट डोपड लिग्निन हाइड्रोजेल के साथ-साथ देशी हाइड्रोजेल को तब बैक्टीरिया के साथ-साथ



चित्र 1: लिग्निन-आधारित हाइड्रोजेल का विकास और आरबी@एल-एजीएनसी (यानी, फोटोएक्टिव नैनोकम्पोजिट्स) के साथ क्रियाशीलता।

BIOPRODUCT CHEMISTRY



Dr. Jayeeta Bhaumik

Scientist-D

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.

Agri-biomass derived lignin is an abundantly available biopolymer with antioxidant, antimicrobial, UV-blocking and several other potentials. Lignin is therefore an interesting material for developing functional materials such as nanomaterials, coatings, nanospray, hydrogels etc. Lignin based transparent hydrogel was developed via simplified method, which was further doped with rose-bengal-lignin-silver metal nanoconjugates. Upon light activation, such material showed promising antimicrobial efficacy. Further lignin was utilized in developing titanium dioxide nanocomposites, which was later doped into lignin based coating. Such material demonstrated high efficacy as

synergistic UV blocker and antimicrobial agent. Lignin as such was utilized in developing nanosphere-based spray via one-step technique. This nanospray has been proved to be a potential photosensitizer and bioimager agent. Recently, lignin based metal-nanocomplex when conjugated with polypyrrolic photosensitizers showed great in vitro efficacy against SAR-Cov-2 cell lines (research done in collaboration with DBT-Regional Centre for Biotechnology), Lignin based functional materials developed has great potential to have high societal impact via microbial disinfection.

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

1. Lignin-based hydrogels for the delivery of photodynamic nanoconjugates for microbial disinfection:

lignin-based biocompatible and photo-activatable hydrogel was developed as sustainable and cost-effective material for use in photodynamic therapy. Initially, lignin-based silver nanocomplexes (L-AgNCs) were developed. Further, rose Bengal (RB), a common photosensitizer was used for their surface functionalization. Lignin hydrogel was then prepared via copolymerization technique using biocompatible additives (Figure 1, 2). Later, RB@L-AgNC nanoconjugates were doped into the newly fabricated lignin hydrogels to generate a photodynamic nanocomposite lignin hydrogel. The lignin-based hydrogel as well as the nanocomposite hydrogel characterized via various analytical tools including UV-vis spectroscopy, XRD, rheology, and FESEM analysis etc. During characterization, the native lignin-based hydrogel revealed organized macroporous structure (Figure 2). Interestingly, the FESEM analysis revealed a honeycomb-type structure of the lignin-based nanocomposite hydrogel. Moreover, the lignin-based hydrogels were found to have self-adhesive and pH-responsive potential. The pH-responsive behaviour helped in controlled release of the nano-ingredients (RB@L-AgNCs) from the lignin hydrogel. The nanocomposite doped lignin hydrogel as well as the native hydrogel were then subjected towards antimicrobial photodynamic therapy (APDT) against bacterial as well as fungal strains and the IC₅₀ values were also calculated. Further, the mechanistic aspects of APDT were examined which demonstrated significant

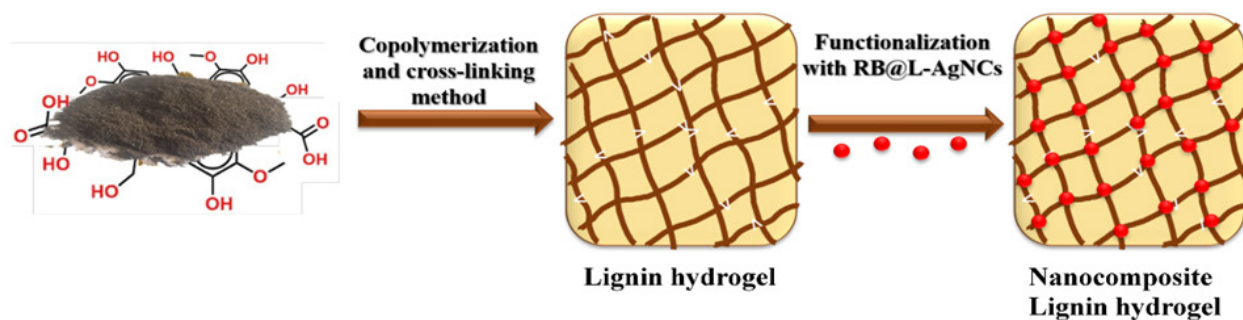


Figure 1. Development of lignin-based hydrogel and functionalization with RB@L-AgNCs (i.e., photoactive nanocomposites).

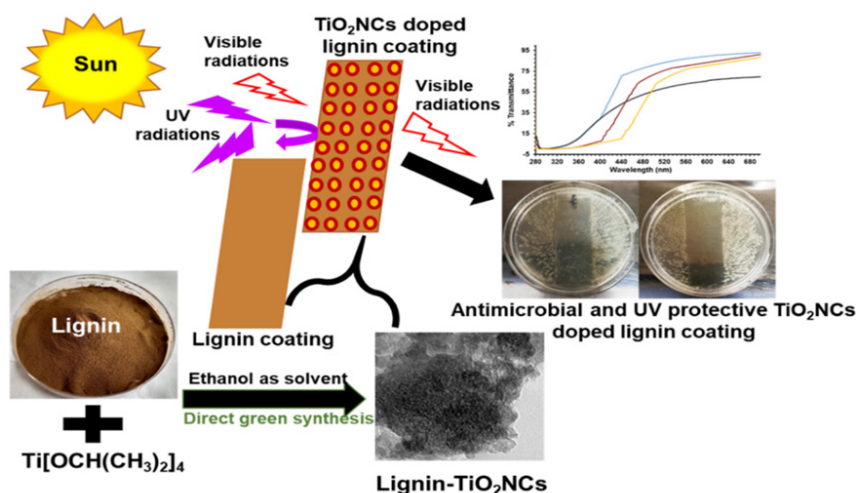


चित्र 2: (i) प्रतिक्रिया से पहले और बाद में विकसित लिग्निन हाइड्रोजेल का दृश्य अवलोकन; (ii) आरबी@एल-एजीएनसी के एफईएसईएम विश्लेषण में 200 μm पैमाने पर लिग्निन हाइड्रोजेल शामिल है।

कवक उपभेदों के खिलाफ रोगाणुरोधी फोटोडायनामिक थेरेपी (एपीडीटी) के अधीन किया गया था और आईसी50 मूल्यों की भी गणना की गई थी। इसके अलावा, एपीडीटी के यांत्रिक पहलुओं की जांच की गई जिसमें नैनोप्रोब द्वारा प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों (आरओएस) पीढ़ी की महत्वपूर्ण भूमिका का प्रदर्शन किया गया। अंत में, लिग्निन हाइड्रोजेल के साथ इलाज किए गए माइक्रोबियल कोशिकाओं को प्रतिदीप्ति सूक्ष्म विश्लेषण के अधीन किया गया, जिससे प्रकाश द्वारा सक्रिय फोटोसेंसिटाइज़र नैनोकम्पोजिट डोपेड हाइड्रोजेल द्वारा महत्वपूर्ण माइक्रोबियल सेल की हत्या का पता चला। इसलिए, लिग्निन-आधारित नैनोकम्पोजिट हाइड्रोजेल का उपयोग रोगाणुओं के प्रकाश सहायक फोटोडायनामिक निष्क्रियता के लिए आर्थिक और जैव-संगत कोटिंग सामग्री के रूप में किया जा सकता है।

2. लिग्निन व्युत्पन्न टाइटेनियम ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स यूवी-अवरुद्ध और रोगाणुरोधी कोटिंग्स के लिए कुशल योजक के रूप में: लिग्निन का उपयोग लिग्निन-आधारित कोटिंग के विकास के माध्यम से और आगे हरे और एकल-चरण विधि के माध्यम से टाइटेनियम डाइऑक्साइड नैनोकम्पोजिट की तैयारी के माध्यम से किया गया था। नोट करने के लिए, लिग्निन का

उपयोग टाइटेनियम डाइऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स (TiO₂NCs) (चित्र 3) को गढ़ने के लिए एकमात्र कैपिंग और स्थिरीकरण एजेंट के रूप में किया गया था। TiO₂NCs के संश्लेषण के दौरान जहरीले रसायनों या सॉल्वेंट्स के उपयोग से पूरी तरह बचा गया था। संश्लेषित लिग्निन-आधारित TiO₂ नैनोकम्पोजिट्स ने नंगे लिग्निन के साथ-साथ व्यावसायिक रूप से उपलब्ध TiO₂ नैनोकणों (तालिका 1) की तुलना में आशाजनक एंटीऑक्सिडेंट, रोगाणुरोधी और यूवी अवरोधक क्षमता का प्रदर्शन किया। इसके अलावा, यूवी संरक्षण और रोगाणुरोधी अनुप्रयोगों के लिए जहरीले पदार्थों का उपयोग किए बिना लिग्निन पर आधारित एक कोटिंग सामग्री को एकल चरण और आर्थिक मार्ग में तैयार किया गया था। इसके अलावा, लिग्निन-आधारित TiO₂NCs के साथ डोप किए गए लिग्निन कोटिंग को कोटिंग की रोगाणुरोधी और यूवी अवरोधक क्षमता में सुधार करने के लिए एक ही चरण में विकसित किया गया था। अंत में, TiO₂NC डोपड लिग्निन कोटिंग को फिर एक सूती कपड़े पर लगाया गया, जिससे आशाजनक रोगाणुरोधी गतिविधि का पता चला। यह TiO₂NCs डोपड लिग्निन कोटिंग व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण और सामान्य सतहों को कीटाणुरहित करने में वैट अनुप्रयोग पा सकता है।



चित्र 3: लिग्निन का उपयोग करके लिग्निन-व्युत्पन्न TiO₂ नैनोकंपोजिट के विकास और TiO₂ नैनोकंपोजिट्स डोपड लिग्निन कोटिंग और उनके अनुप्रयोगों के विकास के लिए योजनाबद्ध आरेख ((एसीएस सस। रसायन। इंजी, 2021, 9, 11223-11237)।



Figure 2. (i) Visual observation of the developed lignin hydrogel before and after reaction; (a) FESEM analysis of RB@L-Ag-NCs incorporated lignin hydrogels at 200 μm scale.

role of reactive oxygen species (ROS) generation by the nanoprobe. Finally, microbial cells treated with lignin hydrogels were subjected to fluorescence microscopic analysis which revealed significant microbial cell killing by the photosensitizer nanocomposite doped hydrogel activated by light. Therefore, lignin-based nanocomposite hydrogels can be utilized as economic and biocompatible coating material for light assisted photodynamic inactivation of microbes.

2. Lignin derived titanium oxide nanocomposites as efficient additive to UV-blocking and antimicrobial coatings: Lignin was successfully utilized through the development of a lignin-based coating and further through the preparation of titanium dioxide nanocomposites via a green and single-step method. To note, lignin was used as a sole capping and stabilizing agent to fabricate the titanium dioxide nanocomposites (TiO₂NCs) (Figure 3). Use of toxic chemicals or solvents were completely avoided during the synthesis of TiO₂NCs. The synthesized lignin-based TiO₂ nano-

composites exhibited promising antioxidant, antimicrobial, and UV blocking potential in comparison to the bare lignin as well as the commercially available TiO₂ nanoparticles (Table 1). Further, a coating material based on lignin was fabricated in a single step and economic pathway without using toxic substances for UV protection and antimicrobial applications. Further, lignin coating doped with lignin-based TiO₂NCs was developed in a single step to improve the antimicrobial and UV blocking potential of the coating. Finally, the TiO₂NC doped lignin coating was then applied on a cotton fabric which revealed promising antimicrobial activity. This TiO₂NCs doped lignin coating can find vat application in disinfecting personal protective equipment and common surfaces.

3. Light activatable lignin nanospray coating for photodynamic therapy and bioimaging: A lignin nanosphere based spray (i.e. lignin nanospray) was developed in a one-step with promising antioxidant, fluorescent and UV protective properties (Figure 4, 5).

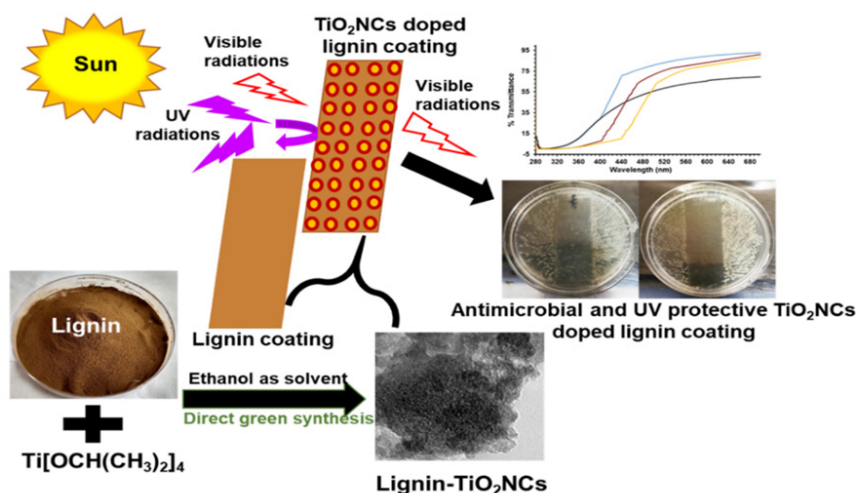


Figure 3. The schematic diagram for the development of lignin-derived TiO₂ nanocomposites using lignin and development of TiO₂ nanocomposites doped lignin coating and their applications (ACS Sus. Chem. Eng, 2021, 9, 11223-11237).

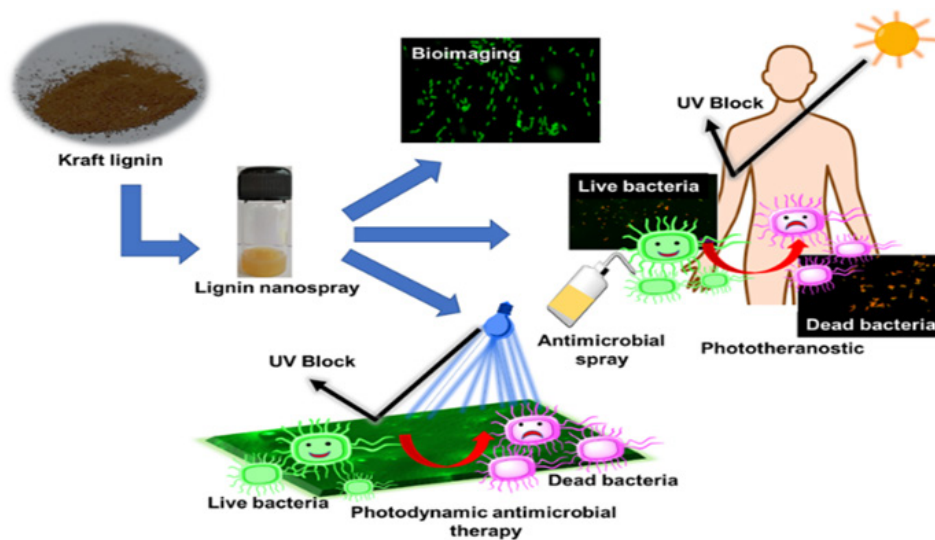
तालिका 1. लिग्निन, लिग्निन-टीओओ 2 नैनोकम्पोजिट्स, वाणिज्यिक टीआईओ 2 नैनोकणों, लिग्निन कोटिंग, और टीआईओ 2 नैनोकंपोजिट डोपड लिग्निन कोटिंग्स की यूवी संरक्षण दक्षता का निर्धारण

Entry No.	UV blocking agent	% Transmittance	% Transmittance UVB (280-315 nm)	% UVA blocking	% UVB blocking
1	Alkali lignin	10.7	0.18	89.3	99.8
2	Kraft lignin	0.30	0.02	99.7	99.9
3	Commercial TiO ₂ NPs	13.2	0.7	86.8	99.3
4	TiO ₂ AL NCs	1.1	0.08	98.9	99.9
5	TiO ₂ KL NCs	2.5	0.86	97.5	99.1
6	Lignin coating	12.1	2.1	87.9	97.9
7	5% commercial TiO ₂ NP doped lignin coating	12.5	2.3	87.6	97.9
8	5% TiO ₂ AL NC doped lignin	2.9	0.88	97.1	99.1
9	5% TiO ₂ KL NC doped lignin	2.5	0.24	97.6	99.8

3. फोटोडायनामिक थेरेपी और बायोइमेजिंग के लिए लाइट एक्टिवेबल लिग्निन नैनोस्फे कोटिंग: एक लिग्निन नैनोस्फीयर आधारित स्फे (यानी लिग्निन नैनोस्फे) को एक-चरण में होनहार एंटीऑक्सिडेंट, फ्लोरोसेंट और यूवी सुरक्षात्मक गुणों (चित्र 4, 5) के साथ विकसित किया गया था। इसके अलावा, लिग्निन नैनोस्फे का उपयोग सीधे बायोकंपैटिबल कोटिंग के निर्माण में किया गया था। नैनोस्फे ने बायोइमेजिंग में उपयोग के लिए आशाजनक फोटोल्यूमिनेशन गुण दिखाए। इसके अलावा, नैनोस्फे एक फोटोथेरेप्यूटिक एजेंट के रूप में उपयोग के लिए प्रकाश की उपस्थिति में प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियां (आरओएस) उत्पन्न करने में सक्षम है। महत्वपूर्ण रूप से, नैनोस्फे कोटिंग ने रोगाणुरोधी फोटोडायनामिक अध्ययनों के दौरान सामान्य रोगाणुओं को नष्ट करने की उत्कृष्ट क्षमता का प्रदर्शन किया, जैसा कि एसईएम अध्ययन और लाइव-डेड इमेजिंग से पता चला है। इस टिकाऊ और जैव-संगत लिग्निन नैनोस्फे आधारित कोटिंग को एक तेज तकनीक के माध्यम से सफलतापूर्वक विकसित किया गया है जिसमें

बहुक्रियाशीलता है, यानी यूवी ब्लॉकिंग, फोटोथेरेप्यूटिक और लाइट-ट्रिगर एंटीमाइक्रोबायल गुण। यह मल्टीमॉडल नैनोस्फे कोटिंग व्यापक रूप से माइक्रोबियल संक्रमणों की एक विस्तृत श्रृंखला को गिरफ्तार करने में लागू होगी।

4. सार्स-सीओवी-2 (SARS-CoV-2) के खिलाफ अत्यधिक प्रभावी एंटीवायरल एजेंटों के रूप में लिग्निन आधारित पॉलीपायरोल नैनोफॉर्मलेशन (भारतीय अनंतिम पेटेंट आवेदन संख्या: 202111014735, डीबीटी-सेंटर फॉर बायोटेक्नोलॉजी के सहयोग से किया गया शोध): लिग्निन, एक प्राकृतिक बायोपॉलिमर एक संभावित कैंसर विरोधी और रोगाणुरोधी एजेंट है। पॉलीफेनोलिक परिवार के सदस्य के रूप में इसमें एंटीऑक्सिडेंट के साथ-साथ एंटीवायरल गुण भी होते हैं। पॉलीपायरॉल्स प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों (आरओएस) की पीढ़ी के लिए अच्छी तरह से जाना जाता है। आरओएस पीढ़ी के माध्यम से, वे प्रभावी फोटोसेंसिटाइजर के



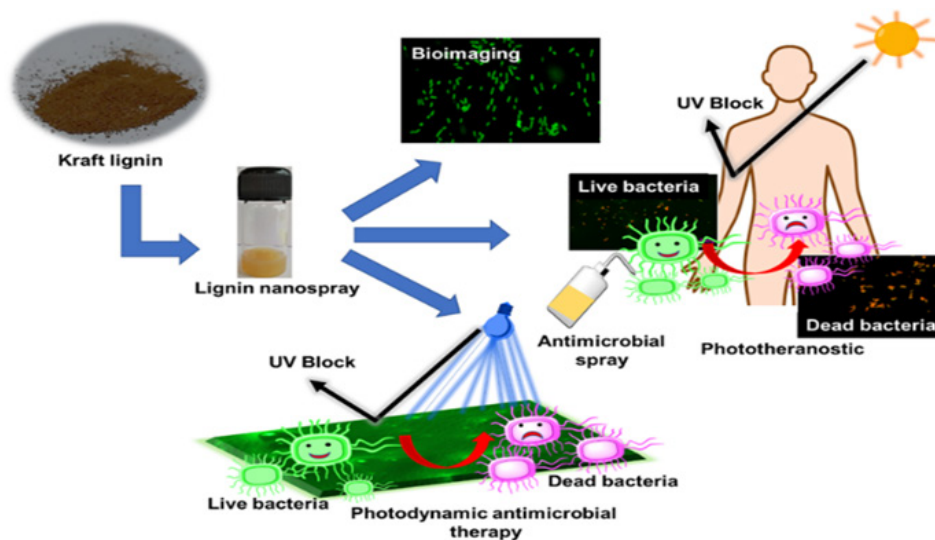
चित्र 4: एक लिग्निन नैनोस्फीयर आधारित स्फे कोटिंग विकसित करने के लिए सरल निर्माण विधि जिसने पहली बार प्रकाश सहायता प्राप्त नैदानिक और रोगाणुरोधी क्षमता का प्रदर्शन किया। (जर्नल ऑफ मैटेरियल्स केमिस्ट्री बी, 2021, 9, 1592-1603)

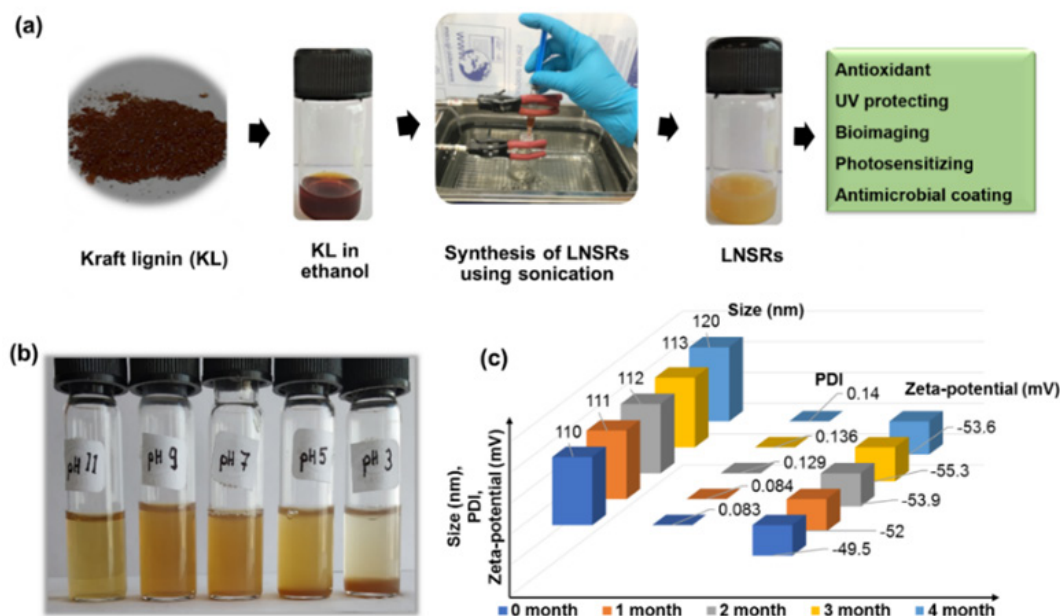
Table 1. Determination of UV protection efficiency of lignin, lignin-TiO₂ nanocomposites, commercial TiO₂ nanoparticles, lignin coating, and TiO₂ nanocomposite doped lignin coatings.

Entry No.	UV blocking agent	% Transmittance	% Transmittance UVB (280-315 nm)	% UVA blocking	% UVB blocking
1	Alkali lignin	10.7	0.18	89.3	99.8
2	Kraft lignin	0.30	0.02	99.7	99.9
3	Commercial TiO ₂ NPs	13.2	0.7	86.8	99.3
4	TiO ₂ AL NCs	1.1	0.08	98.9	99.9
5	TiO ₂ KL NCs	2.5	0.86	97.5	99.1
6	Lignin coating	12.1	2.1	87.9	97.9
7	5% commercial TiO ₂ NP doped lignin coating	12.5	2.3	87.6	97.9
8	5% TiO ₂ AL NC doped lignin	2.9	0.88	97.1	99.1
9	5% TiO ₂ KL NC doped lignin	2.5	0.24	97.6	99.8

Further, the lignin nanospray was directly used in the fabrication of a biocompatible coating. The nanospray showed promising photoluminescence properties for use in bioimaging. Moreover, the nanospray has been capable to generate reactive oxygen species (ROS) in the presence of light for use as a phototherapeutic agent. Importantly, the nanospray coating exhibited excellent potential to destroy common microbes during antimicrobial photodynamic studies as revealed by SEM studies and live-dead imaging. This sustainable and biocompatible lignin nanospray based coating has been successfully developed via a fast technique which possesses multifunctionality, i.e. UV blocking, phototherapeutic and light-triggered antimicrobial properties. This multimodal nanospray coating will be widely applicable in arresting a wide range of microbial infections.

4. Lignin based polypyrrole nanoformulations as highly effective antiviral agents against SARS-CoV-2 (Indian provisional patent application no: 202111014735, research done in collaboration with DBT-Centre for Biotechnology): Lignin, a natural biopolymer is a potential anticancer and antimicrobial agent. As a member of polyphenolic family it possesses antioxidant as well as antiviral properties. Polypyrroles are well known for the generation of reactive oxygen species (ROS). Through ROS generation, they act as effective photosensitizers. However, these molecules mostly hydrophobic thus difficult to apply in biological systems. To overcome this issue, polypyrroles can be loaded into biocompatible lignin nanomaterials via entrapment or conjugation. Lignin based nanomaterials are a great platform for the delivery of the bioactive agents including polypyrroles. Thus, a variety of polypyrroles, lignin nanomaterials, and the polypyr-

**Figure 4.** Simple fabrication method to develop a lignin nanosphere based spray coating which exhibited light assisted diagnostic and antimicrobial potential for the first time. (Journal of Materials Chemistry B, 2021, 9, 1592-1603).



चित्र 5: (ए) लिग्निन और इसके विभिन्न अनुप्रयोगों का उपयोग करके एलएनएसआर के विकास के लिए योजनाबद्ध आरेख। (बी) विभिन्न पीएच स्थितियों में एलएनएसआर की स्थिरता का दृश्य अवलोकन। (सी) आकार, बहुआयामी सूचकांक और जेटा-क्षमता के संदर्भ में एलएनएसआर का स्थिरता अध्ययन।

रूप में कार्य करते हैं। हालांकि, ये अणु ज्यादातर हाइड्रोफोबिक होते हैं इसलिए जैविक प्रणालियों में लागू करना मुश्किल होता है। इस समस्या को दूर करने के लिए, पॉलीपीरोल्स को फंसाने या संयुग्मन के माध्यम से बायोक्वैटिबल लिग्निन नैनोमैटिरियल्स में लोड किया जा सकता है। लिग्निन आधारित नैनोमैटिरियल्स पॉलीपायरोल सहित बायोएक्टिव एजेंटों के वितरण के लिए एक बेहतरीन मंच है। इस प्रकार, विभिन्न प्रकार के पॉलीपायरोल, लिग्निन नैनोमैटिरियल्स, और पॉलीपीरोल लोडेड लिग्निन नैनोफॉर्म्यूलेशन साइटोटोक्सिसिटी के साथ-साथ एसएआरएस-सीओवी-2 सेल लाइनों के खिलाफ एंटीवायरल प्रभावकारिता अध्ययन के अधीन थे। दिलचस्प बात यह है कि लिग्निन आधारित नैनोमैटिरियल्स पर लोड किए गए पॉलीपायरोल ने एक प्रसिद्ध सकारात्मक नियंत्रण की तुलना में कोरोना वायरस को नष्ट करने के लिए बहुत अधिक प्रभावकारिता दिखाई। विशेष रूप से, लिग्निन नैनोमैटिरियल्स पर लोड किए गए पॉलीपायरोल (संयुग्मन या फंसाने के माध्यम से) देशी लोगों की तुलना में अत्यधिक प्रभावी पाए गए। इस तथ्य को लिग्निन नैनोमैटिरियल्स पर डोप किए गए पॉलीपीरोल्स से आरओएस की उच्च उपलब्धता के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। महत्वपूर्ण रूप से, न तो पॉलीपायरोल (मुख्य रूप से अघुलनशीलता के कारण) और न ही लिग्निन आधारित नैनोमैटिरियल्स वायरस के खिलाफ प्रभावी थे। जबकि, पॉलीपायरोल से सजाए गए लिग्निन नैनोमैटिरियल्स ने SARS-CoV-2 वायरस को नष्ट करने के लिए सहक्रियात्मक प्रभाव डाला। ये नैनोफॉर्म्यूलेशन चिकित्सीय, एंटीवायरल कोटिंग्स में एडिटिव्स और समग्र रूप से SARS-CoV-2 के खिलाफ अत्यधिक प्रभावी एंटीवायरल एजेंट के रूप में उपयोगी होंगे।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ माइक्रोबियल कीटाणुशोधन के लिए लिग्निन-आधारित बायोक्वैटिबल हाइड्रोजेल को फोटोडायनामिक नैनोकॉन्जुगेट्स के साथ डोप किया गया है।
- ◆ टाइटेनियम ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स के साथ शामिल लिग्निन आधारित कोटिंग को कुशल यवी-अवरोधक और रोगाणुरोधी सामग्री के रूप में तैयार किया गया है।
- ◆ एंटीमाइक्रोबियल फोटोडायनामिक थेरेपी और बायोइमेजिंग में उपयोग के लिए लाइट एक्टिवेबल लिग्निन नैनोस्फ़े कोटिंग का निर्माण किया गया है।
- ◆ लिग्निन आधारित पॉलीपायरोल नैनोफॉर्म्यूलेशन को सार्स-सीओवी-2 के खिलाफ अत्यधिक प्रभावी एंटीवायरल एजेंट के रूप में सफलतापूर्वक विकसित किया गया है।

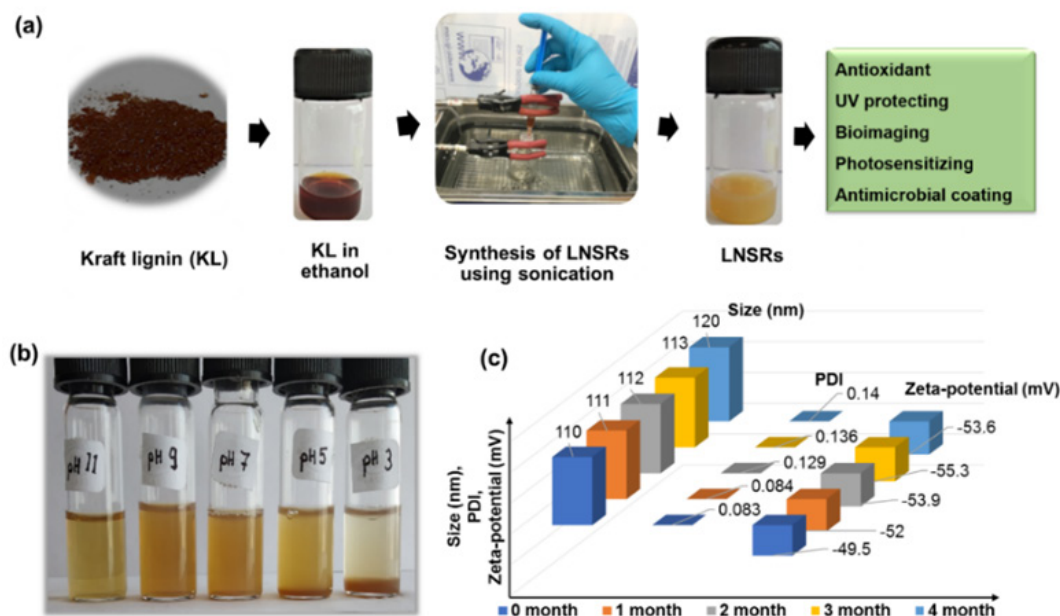


Figure 5. (a) The schematic diagram for the development of the LNSR using lignin and its different applications. (b) Visual observation of stability of the LNSR at various pH conditions. (c) Stability study of the LNSR in terms of size, polydispersity index and zeta-potential.

role loaded lignin nanoformulations were subjected to cytotoxicity as well as antiviral efficacy study against SARS-CoV-2 cell lines. Interestingly, polypyrroles loaded on lignin based nanomaterials showed very high efficacy to destroy corona virus when compared to a well-known positive control. Notably, the polypyrroles loaded (via conjugation or entrapment) on lignin nanomaterials were found to be highly effective in comparison to the native ones. This fact can be attributed to higher availability of ROS from the polypyrroles doped on lignin nanomaterials. Importantly, neither polypyrroles (mainly due to insolubility) nor lignin based nanomaterials were effective against the virus. Whereas, polypyrrole decorated lignin nanomaterials caused synergistic effect to destroy the SARS-CoV-2 virus. These nanoformulations will be useful in generating therapeutics, additives in antiviral coatings and overall as highly effective antiviral agents against SARS-CoV-2.

Salient Achievements

- ◆ Lignin-based biocompatible hydrogel doped with photodynamic nanoconjugates were developed for microbial disinfection.
- ◆ Lignin based coating incorporated with titanium oxide nanocomposites was fabricated as efficient UV-blocking and antimicrobial material
- ◆ Light activatable lignin nanospray coating was constructed for use in antimicrobial photodynamic therapy and bioimaging
- ◆ Lignin based polypyrrole nanoformulations were successfully developed as highly effective antiviral agents against SARS-CoV-2.

बायोप्रोडक्ट केमिस्ट्री



डॉ. भुवन भूषण मिश्रा

वैज्ञानिक-डी

रिसर्च फेल्लो

सुरेंद्र जाटवी, मंगत सिंह
निशांत पांडेय, पूजा नेगी
ज्योति जैन
मेघा केसरी

विशेषज्ञता

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

हाल के वर्षों में, पी-मेंथेन-3,8-डायोल (पीएमडी), जिसे मेन्थोग्लाइकॉल के रूप में भी जाना जाता है, ने डीईईटी के एक शक्तिशाली विकल्प के रूप में बढ़ते हुए ध्यान आकर्षित किया है, क्योंकि समान मात्रा में उपयोग किए जाने पर कीट विकर्षक कार्यवाही में समान प्रभावकारिता प्राप्त होती है। यौगिक पीएमडी स्वाभाविक रूप से कोरिम्बिया सिट्रियोडोरा की पत्तियों से प्राप्त आवश्यक तेल में एक मामूली घटक (1-2%) के रूप में होता है, जिसे पहले नीलगिरी साइट्रियोडोरा के नाम से जाना जाता था। यह पाया गया है कि सिस-आइसोमर में मेन्थॉल जैसी सुगंध और शीतलन प्रभाव होता है जो ट्रांस-आइसोमर की तुलना में मजबूत कीट विकर्षक गतिविधि प्रदर्शित करता है। हालांकि, सीओ सिट्रियोडोरा पेड़ में सीमित प्राकृतिक उपलब्धता के कारण प्राकृतिक सिस-आइसोमर महंगा है। इसके अलावा, हाल के वर्षों में सीओ सिट्रियोडोरा की खेती को भी हतोत्साहित किया जा रहा है, क्योंकि इसके आसपास के वातावरण पर इसके प्रतिकूल प्रभाव, जैसे, पोषक तत्वों की कमी, नमी के भंडार में कमी, खराब पोषक तत्व चक्रण आदि हैं। इसलिए, प्राकृतिक रूप से मिलने वाले सिस/ट्रांस-पीएमडी के समान गतिविधि वाले सिंथेटिक सिस/ट्रांस-पीएमडी आइसोमर्स के मिश्रण का उत्पादन बहुत बड़े पैमाने पर किया जाता है।

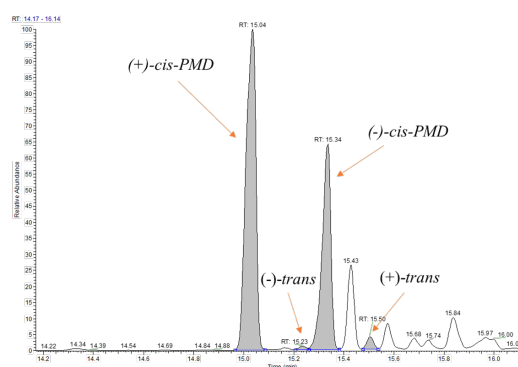
आम तौर पर, पीएमडी को हल्के हीटिंग की स्थिति के तहत सल्फ्यूरिक एसिड के जलीय घोल के साथ सिट्रोनेलल के उपचार द्वारा उत्पादित किया जाता है, जिसमें एक प्रतिक्रिया मिश्रण प्राप्त होता है जिसमें ~50-60% पीएमडी, ~15-20% सिट्रोनेलल और ~20% साइट्रोनेलल एसिटल्स साइड उत्पादों के रूप में होते हैं। पीएमडी की यह कम शुद्धता और उपज बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए उपयुक्त नहीं है। इसके अलावा,

संक्षारक खनिज एसिड का उपयोग बड़े पैमाने पर सुरक्षित प्रसंस्करण के संबंध में समस्या को जन्म देता है, जबकि आर्थिक प्रसंस्करण अत्यधिक ठंड की स्थिति में क्रिस्टलीकरण के माध्यम से प्रतिक्रिया मिश्रण से उत्पाद शुद्धिकरण के कारण पैमाने की अर्थव्यवस्था की कमी से ग्रस्त है (जैसे कि -50 डिग्री सेल्सियस)। इसलिए, हमने पीएमडी उत्पादन के लिए कम मूल्य के सिट्रोनेला पत्ते के आवश्यक तेल की क्षमता का उपयोग करने की व्यवहार्यता की खोज की, जहां पर अन्य वाष्पशील की कार्यक्षमता में पर्याप्त बदलाव के बिना सिट्रोनेला तेल युक्त साइट्रोनेलल घटक को पीएमडी में चुनिंदा रूप से परिवर्तित किया। जहां तक हमारी जानकारी है, पहले ऐसा कोई प्रयास नहीं किया गया है। यह काम कम मूल्य के सिट्रोनेला आवश्यक तेल के मच्छर भगाने वाले गुणों में सुधार के लिए एक प्रक्रिया का वर्णन करता है, जिसमें एक हल्के अम्लीय स्थिति के तहत एक स्वस्थानी रासायनिक परिवर्तनकारी कदम के माध्यम से पीएमडी, मुख्य रूप से सिस-आइसोमर (~86%) से समृद्ध प्रिपरेशन प्राप्त होती है, जिस कारण, परिणामी तेल की प्रिपरेशन धीमी वाष्पीकरण द्वारा लंबे समय तक चलने वाली सुरक्षा कार्रवाई को प्रदर्शित करती है, और इस प्रक्रिया को शुद्ध सिस/ट्रांस-पीएमडी के उत्पादन के लिए संसाधन के रूप में अत्यधिक उपयोगिता मिल सकती है।

1. निम्न मूल्य के सिट्रोनेला तेल में पैरा-मेंथेन-3,8-डायोल (पीएमडी) आइसोमर्स का स्वस्थानी संवर्धन

गतिविधि 1: सिट्रोनेला आवश्यक तेल में पीएमडी के स्वस्थानी संश्लेषण: एक ओवन सूखी आरबी फ्लास्क (50 एमएल) को सिट्रोनेला आवश्यक तेल (2.0 ग्राम, 5.0 मिमोल) और साइट्रिक एसिड समाधान (10 एमएल, 3.0 wt%) के साथ तेल से पानी के अनुपात 1:10 (v/v) के साथ चार्ज किया गया था। प्रतिक्रिया मिश्रण को 60 डिग्री सेल्सियस पर 15 घंटे के लिए सरगर्मी स्थिति के तहत गरम किया गया था। समय बीतने के बाद, ठंडे पानी के आवेदन के बाद डायथाइल ईथर के साथ निष्कर्षण के बाद प्रतिक्रिया मिश्रण बुझ गया। कार्बनिक चरण को अलग किया गया और निर्जल Na-2SO₄ पर सुखाया गया। कार्बनिक चरण की रिक्रिस्टलीकरण सांद्रता में एक हल्का पीला तेल (1.9 ग्राम, उपज > 95%) प्रस्तुत किया गया।

गतिविधि 2: मूल्य वर्धित तेल में पीएमडी स्टीरियोइसोमर्स का पता लगाना और मात्रा का ठहराव: पीएमडी स्टीरियोइसोमर्स की पहचान और मात्रा का ठहराव जीसी-एमएस विश्लेषण द्वारा एक केशिका चिरल



चित्र 1: मूल्य वर्धित सिट्रोनेला आवश्यक तेल में पैरा-मेंथेन-3,8-डायोल आइसोमर्स का जीसी-एमएस।

BIOPRODUCT CHEMISTRY



Dr. Bhuwan Bhushan Mishra
Scientist-D

Research Fellows

Surendra Jatav
Mangat Singh
Nishant Pandey
Pooja Negi
Jyoti Jain
Megha Kesari

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

In recent years, *p*-menthane-3,8-diol (PMD), also known as menthoglycol, has received growing attention as a potent substitute of the DEET due to similar efficacy in insect repellent action when used in like quantities. The compound PMD occurs naturally as a minor constituent (1–2%) in essential oil obtained from leaves of *Corymbia citriodora*, formerly known as *Eucalyptus citriodora*. It has been found that the *cis*-isomer having menthol like aroma and cooling effect exhibits strong insect repellent activity than the *trans*-isomer. However, the natural *cis*-isomer is expensive due to limited natural occurrence in *C. citriodora* tree. Moreover, the cultivation of *C. citriodora* is also being discouraged in recent years due to its adverse effects on surrounding environment, e.g., depletion of nutrients, reduction of moisture reserves, poor nutrient cycling, etc. Therefore, synthetic PMD is produced on a much larger scale as a mixture of *cis/trans*-isomers with activity similar to naturally occurring *cis/trans*-PMD.

Generally, PMD is produced by treatment of citronellal with an aqueous solution of sulphuric acid under mild heating condition to afford a reaction mixture that contains ~50–60% PMD, ~15–20% of citronellal and ~20% citronellyl acetals as side products. This low purity and yield of PMD is not suitable for a large scale production. Also, the use of corrosive mineral acid entails problem with respect to safe processing on large scale, whereas, economic processing suffers from the lack of economy of scale caused by the product purification from the reaction mixture *via* crystallization at the extremely cold condition (such as -50°C). There-

fore, we envisioned exploring the feasibility of utilizing the potential of low value citronella foliage essential oil for PMD production by a selective *in situ* conversion of citronella oil contained citronellal constituent to PMD without a substantial change in the functionality of other volatiles. To the best of our knowledge, no such effort has been made earlier. This work describes a process for improvement in mosquito repellent properties of low value citronella essential oil to get a preparation enriched with PMD, predominantly, the *cis*-isomer (~86%), through an *in situ* chemical transformative step under a mild acidic condition, whereby, the resulting oil preparation demonstrates a slow evaporation for a long lasting protection action, and may find immense uses including as a resource for production of pure *cis/trans*-PMD.

1. *In situ* enrichment of *para*-menthane-3,8-diol (PMD) isomers in low value citronella oil

***In situ* synthesis of PMD in citronella essential oil:** An oven dry RB flask (50 mL) was charged with citronella essential oil (2.0 g, 5.0 mmol) and citric acid solution (10 mL, 3.0 wt%) with oil to water ratio 1:10 (v/v). The reaction mixture was heated at 60°C under stirring condition for 15h. After time elapsed, the reaction mixture was quenched by the application of cold water followed by extraction with diethyl ether. The organic phase was separated and dried over anhydrous Na_2SO_4 . In vacuo concentration of the organic phase furnished a light yellow oil (1.9 g, yield >95 %).

Detection and quantification of PMD stereoisomers in the value added oil: Identification and quantification of PMD stereoisomers was validated by GC-MS analysis using a capillary chiral column Rt-bDEXsa ($0.25 \times 30\text{m}$), film thickness $0.25\ \mu\text{m}$, stationary phase (2,3-di-acetoxy-6-O-tert-butyl dimethyl silyl β -cyclodextrin added into 14% cyanopropylphenyl/86% dimethyl polysiloxane) with helium at flow of $0.8\ \text{mL/min}$ was used as a carrier gas. Oven temperature gradient from

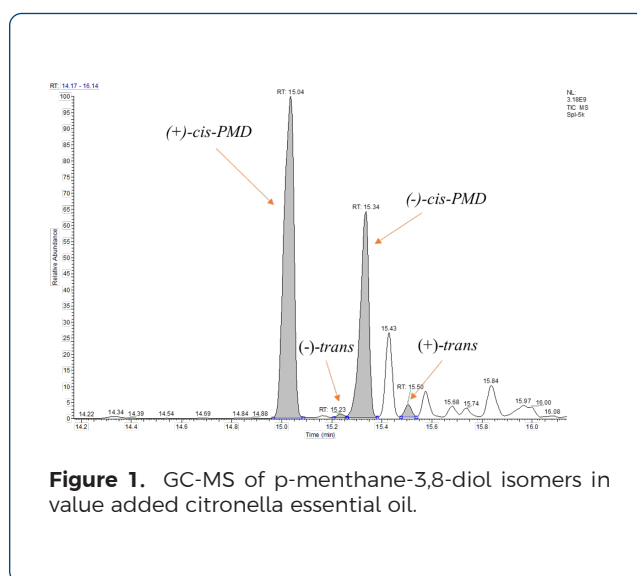


Figure 1. GC-MS of *p*-menthane-3,8-diol isomers in value added citronella essential oil.

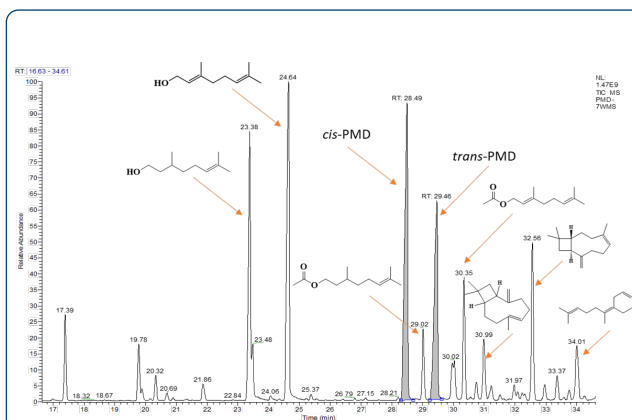
तालिका 1. देशी और पीएमडी समृद्ध सिट्रोनेला तेल की वाष्पशील संरचना

Component	Oils composition (%)	
	Native citronella oil	PMD enriched citronella oil
<i>d</i> -limonene	2.59	-
linalool	0.94	1.55
citronellal	42.14	1.84
citronellol	12.29	13.36
geraniol	16.71	18.01
<i>cis</i> -PMD	-	27.05
<i>trans</i> -PMD	-	14.83
citronellyl formate	1.97	2.38
geranyl acetate	3.59	3.98
caryophyllene	2.83	2.18
cyclo caryophyllene	1.05	0.97
iso-caryophyllene	6.94	5.70
<i>cis</i> -bisabolene	2.99	2.30
caryophyllene alcohol	1.35	1.69
neoclovene	2.83	1.94
Total	~ 98.22	~ 97.78

कॉलम आरटी-बीडीईएक्सएसए (0.25 × 30m), फिल्म मोटाई 0.25 माइक्रोन, स्थिर चरण (2,3-डि - एसीटॉक्सी-6- ओ- तृतीयक ब्यूटिल) का उपयोग करके मान्य किया गया था। स्टेशनरी फेज (डाइमिथाइल सिलील बीटा-साइक्लोडेक्सट्रिन को 14% साइनोप्रोपाइलफेनिल/86% डाइमिथाइल पॉलीसिलोक्सेन में जोड़ा गया) को 0.8 एमएल / मिनट के प्रवाह पर हीलियम के साथ वाहक गैस के रूप में इस्तेमाल किया गया था। 1 मिनट होल्ड टाइम के लिए 40 डिग्री सेल्सियस से ओवन तापमान ढाल; फिर 220 डिग्री सेल्सियस 1 डिग्री सेल्सियस/मिनट रैप दर पर 3 मिनट के लिए अंतिम होल्ड टाइम के साथ। पहचान और परिमाणीकरण (चित्र 1) के लिए, पीएमडी मानक (कार्बोसिंथ लिमिटेड) के साथ नमूनों को 1.0 माइक्रो लीटर और विभाजन अनुपात 1:100 इनलेट तापमान 220 डिग्री सेल्सियस के साथ इंजेक्ट किया गया था। मास स्पेक्ट्रा को 70 इलेक्ट्रॉन वोल्ट पर इलेक्ट्रॉन प्रभाव आयनीकरण ऊर्जा, 220 डिग्री सेल्सियस के स्रोत तापमान और 220 डिग्री सेल्सियस के मास ट्रांसफर लाइन तापमान का उपयोग करके 35 एमयू से 180 एमयू तक प्राप्त किया गया था।

गतिविधि 3: पीएमडी समृद्ध सिट्रोनेला तेल का भौतिक-रासायनिक अध्ययन: आवश्यक तेल संरचना और शुद्धता की जांच के लिए अपवर्तक सूचकांक, घनत्व, चिपचिपाहट और ऑप्टिकल रोटेशन सामान्य भौतिक पैरामीटर हैं। पीएमडी समृद्ध सिट्रोनेला तेल का अपवर्तक सूचकांक एक रेफ्रेक्टोमीटर को सीधे लोड करके निर्धारित किया गया था, और आवश्यक तेल का घनत्व साहित्य में बताए गए तरीकों का पालन करते हुए एक पाइकोनोमीटर फ्लास्क का उपयोग करके निर्धारित किया गया था।

गतिविधि 4: देशी और स्वस्थानी रूपांतरित सिट्रोनेला तेल की संरचनागत तुलना: स्वस्थानी रूपांतरित सिट्रोनेला तेल और देशी सिट्रोनेला आवश्यक तेल (चित्र 2) का विश्लेषण एक स्तंभ एचपी-5एमएस (0.25 × 30 मी), फिल्म मोटाई 1.0 माइक्रोन पर किया गया; 1.0 एमएल/मिनट के प्रवाह पर हीलियम का उपयोग वाहक गैस के रूप में किया गया था। ओवन तापमान ढाल 60 डिग्री सेल्सियस से 210 डिग्री सेल्सियस तक 3 डिग्री सेल्सियस/मिनट रैप दर पर और 1 मिनट होल्ड समय 210 डिग्री सेल्सियस पर किया गया था; फिर 210 डिग्री सेल्सियस से 280 डिग्री सेल्सियस 20



चित्र 2: पीएमडी-समृद्ध सिट्रोनेला तेल में वाष्पशील का पता लगाना

Table 1. Volatile composition of native and PMD enriched citronella oil

Component	Oils composition (%)	
	Native citronella oil	PMD enriched citronella oil
<i>d</i> -limonene	2.59	-
linalool	0.94	1.55
citronellal	42.14	1.84
citronellol	12.29	13.36
geraniol	16.71	18.01
<i>cis</i> -PMD	-	27.05
<i>trans</i> -PMD	-	14.83
<u>citronellyl formate</u>	1.97	2.38
geranyl acetate	3.59	3.98
caryophyllene	2.83	2.18
<u>cyclo</u> caryophyllene	1.05	0.97
iso-caryophyllene	6.94	5.70
<i>cis</i> -bisabolene	2.99	2.30
caryophyllene alcohol	1.35	1.69
<u>neoclovene</u>	2.83	1.94
Total	~ 98.22	~ 97.78

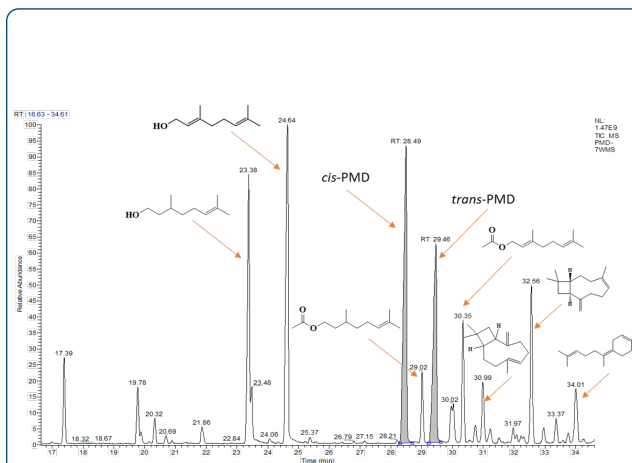
40°C for 1 min hold time; then 220°C at 1°C/min ramp rate with a final hold time for 3 min. For the identification and quantification (Figure 1), samples along with PMD standard (Carbosynth Limited) were injected with 1.0 µL and split ratio 1:100 inlet temperature at 220°C. Mass spectra was obtained in the mass range from 35 amu to 180 amu using electron impact ionization energy at 70 eV, source temperature of 220°C and mass transfer line temperature of 220°C.

Physicochemical studies of PMD enriched citronella oil: Refractive index, density, viscosity and optical rotation are the common physical parameters for checking essential oil composition and purity. The refractive index of PMD enriched citronella oil was determined by direct loading to a refractometer, and the density of the essential oil was determined using a pycnometer flask following the methods reported in literature.

Compositional comparison of native and in situ transformed citronella oil:

In situ transformed citronella oil and native citronella essential oil (Figure 2) were analysed on a column HP-5MS (0.25 × 30m), film thickness 1.0 µm; helium at flow of 1.0 mL/min was used as a carrier gas. Oven temperature gradient was performed from 60°C to 210°C at 3°C/min ramp rate and 1 min hold time at 210°C; then 210°C to 280°C at 20°C/min ramp rate with 5 min hold time at 280°C. Samples were injected with 1 µL

and split ratio 1:20 inlet temperature at 250 °C with mass spectra obtained under condition of mass range from 50 amu to 400 amu with electron impact ionization energy at 70 eV, source temperature of 280°C and mass transfer line temperature of 280°C. Volatile constituents in the native and value added citronella oil are presented in Table 1.

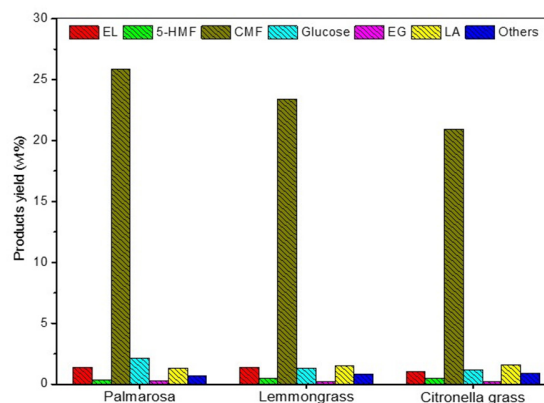
**Figure 2.** Detection of volatiles in PMD-enriched citronella oil

डिग्री सेल्सियस/मिनट रैंप दर पर 5 मिनट 280 डिग्री सेल्सियस पर होल्ड टाइम के साथ। नमूनों को 1 माइक्रो लीटर और विभाजन अनुपात 1:20 इनलेट तापमान 250 डिग्री सेल्सियस के साथ इंजेक्ट किया गया था, जिसमें द्रव्यमान स्पेक्ट्रा 50 एएमयू से 400 एएमयू तक इलेक्ट्रॉन प्रभाव आयनीकरण ऊर्जा के साथ 70 इलेक्ट्रॉन वोल्ट पर, 280 डिग्री सेल्सियस के स्रोत तापमान और द्रव्यमान की स्थिति के तहत 280 डिग्री सेल्सियस के स्थानांतरण लाइन तापमान पर प्राप्त किया गया था। देशी और मूल्य वर्धित सिट्रोनेला तेल में वाष्पशील घटक तालिका 1 में प्रस्तुत किए गए हैं।

गतिविधि 5: देशी सिट्रोनेला तेल, पीएमडी मूल्य वर्धित सिट्रोनेला तेल और डीईईटी का थर्मोग्रैविमेट्रिक विश्लेषण (टीजीए): नाइट्रोजन वातावरण के तहत देशी सिट्रोनेला आवश्यक तेल, पीएमडी समृद्ध सिट्रोनेला तेल और वाणिज्यिक डीईईटी के नमूने (13 मिलीग्राम) थर्मोग्रैविमेट्रिक (टीजी) विश्लेषण के अधीन थे। एक इजोटेर्म-हीटिंग प्रोग्राम को 33 डिग्री सेल्सियस (प्रकोष्ठ पर मानव त्वचा का तापमान) पर व्यवस्थित किया गया था। 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 घटाने और तापमान के निरंतर रिकॉर्ड प्राप्त किए गए और देशी सिट्रोनेला तेल, पीएमडी मूल्य वर्धित सिट्रोनेला तेल और डीईईटी के वाष्पीकरण दर (वजन-हानि% मिनट-1) को निर्धारित करने के लिए उपयोग किया गया।

2. नवीकरणीय फ्रीड स्टॉक के रूप में व्युत्पन्न बायोमास (क्लोरोमेथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) से (हाइड्रॉक्सीमिथाइल) फुरफुरल (एचएमएफ) का संश्लेषण

बायोमास-व्युत्पन्न कार्बोहाइड्रेट से फ्यूरान डेरिवेटिव्स के संश्लेषण, जैसे 5-हाइड्रॉक्सीमेथिलफुरफुरल (एचएमएफ) को हाल ही में एक आशाजनक प्लेटफॉर्म यौगिकों के रूप में उन्नत किया गया है क्योंकि वे ठीक रसायनों और सामग्रियों के उत्पादन में उपयोग किए जाने वाले टिकाऊ बिल्डिंग ब्लॉक हैं। हालांकि, एचएमएफ का उत्पादन केवल पायलट पैमाने पर फ्रुक्टोज से किया गया है, और आज तक कच्चे बायोमास से इसके उत्पादन के लिए कोई स्केलेबल दृष्टिकोण नहीं बताया गया है। पानी में अत्यधिक घुलनशीलता, उच्च क्वथनांक, और अम्लीय परिस्थितियों के प्रति संवेदनशीलता बड़े पैमाने पर कार्बोहाइड्रेट से एचएमएफ उत्पादन में कठिनाइयाँ डालती है। इसलिए, अक्षय रसायनों के क्षेत्र में एक संभावित विघटनकारी नवाचार हाल ही में एचएमएफ एनालॉग, 5-(क्लोरोमेथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) के रूप में पेश किया गया है, जो एचएमएफ के विपरीत, ग्लूकोज या यहां तक कि सीधे सेल्युलॉसिक बायोमास से उच्च उपज और शुद्धता में प्राप्त किया जा सकता है। सीएमएफ प्रकृति में हाइड्रोफोबिक होने के कारण, उच्च प्रभावकारिता के साथ अम्लीय हाइड्रोलाइजेट या प्रतिक्रिया मीडिया से आसानी से अलग किया जा सकता है, और इसकी आसान तथा दिलचस्प प्रतिक्रियाशील रसायन विज्ञान के कारण इसे विभिन्न प्रकार के महत्वपूर्ण यौगिकों में परिवर्तित किया जा सकता है, जैसे, 2,5-डाइमिथाइलफ्यूरान (डीएमएफ), 5-एथोक्सिमिथाइलफुरफुरल (ईएमएफ), एचएमएफ, आदि। इसलिए, हमने एक सीलबंद दबाव वाले ग्लास रिएक्टर में नमक की उपस्थिति में केंद्रित एचसीएल और क्लोरोफॉर्म से युक्त एक द्विध्रुवीय प्रतिक्रिया मीडिया में रासायनिक प्रसंस्करण के माध्यम से खर्च किए गए सुगंधित कचरे से सीधे सीएमएफ के उत्पादन के लिए एक प्रभावशाली प्रोटोकॉल का पता लगाने के लिए प्रेरित हुए। बायोमास व्युत्पन्न सीएमएफ को हल्के प्रतिक्रिया स्थितियों के तहत ऑक्सीडेटिव अभिकर्मक के रूप



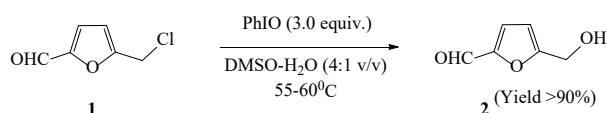
चित्र 3: अनुकूलित प्रतिक्रिया स्थिति के तहत खर्च किए गए सुगंधित कचरे से सेलूलोज गिरावट उत्पादों की तुलनात्मक उपज

में आयोडोसिल बेंजीन (पीएचआईओ) का उपयोग करके एचएमएफ के संश्लेषण के लिए वन पॉट विधि के तहत जांच की गई थी।

गतिविधि -1: फ्रीडस्टॉक तैयार करना और भिन्नात्मक संरचना का निर्धारण: सेंटर ऑफ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग, मोहाली (CIAB), पंजाब राज्य, भारत में सुगंधित फसलों के ऑन-फार्म हाइड्रो-डिस्टिलेशन के बाद खर्च किए गए सुगंधित बायोमास को एकत्र किया गया था। मानक राष्ट्रीय अक्षय ऊर्जा प्रयोगशाला (एनआरईएल) प्रोटोकॉल के बाद खर्च किए गए सुगंधित बायोमास (जैसे कार्बोहाइड्रेट शर्करा, लिग्निन और राख) की प्राथमिक संरचना निर्धारित की गई थी।

गतिविधि -2: खर्च किए गए सुगंधित कचरे का पूर्व उपचार: पाउडर बायोमास को पी-साइमेन सल्फोनिक एसिड (पी-सीएसए) के साथ आटोक्लेव स्थिति के तहत साहित्य में रिपोर्ट किए गए प्रोटोकॉल के माध्यम से पूर्व-उपचारित किया गया, जो कि एक ब्रोस्टेड एसिड है जिसे डी-लिमोनेन द्वारा ठोस साइट्रस कचरे से अक्षय फ्रीड स्टॉक के रूप में संश्लेषित किया गया था। पूर्व-उपचारित बायोमास को केवल निस्पंदन द्वारा हाइड्रोलाइजेट से अलग किया गया था और उसके बाद 45-50 डिग्री सेल्सियस पर गर्म हवा के ओवन में सुखाया गया था।

गतिविधि -3: पूर्व-उपचारित बायोमास से 5-(क्लोरोमेथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) का संश्लेषण: पूर्व-उपचारित सुगंधित बायोमास (1.0 ग्राम), सांद्रता एचसीएल (5 एमएल), क्लोरोफॉर्म (15 एमएल) और नमक (50



चित्र 1: पीएचआईओ का उपयोग कर सीएमएफ से एचएमएफ का संश्लेषण

Thermogravimetric analysis (TGA) of native citronella oil, PMD value added citronella oil, and DEET: Samples (13 mg) of native citronella essential oil, PMD enriched citronella oil and commercial DEET were subjected to thermogravimetric (TG) analysis under a nitrogen atmosphere. An isotherm-heating program was settled up at 33 °C (Human skin temperature on the forearm). 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 were obtained and used to determine the evaporation rates (weight-loss % min⁻¹) of the native citronella oil, PMD value added citronella oil and DEET.

2. Synthesis of (hydroxymethyl)furfural (HMF) from biomass derived (chloromethyl)furfural (CMF) as a renewable feed stock

Synthesis of furan derivatives, such as, 5-hydroxymethylfurfural (HMF) from biomass-derived carbohydrates have recently been advanced as a promising platform compounds because they are sustainable building blocks used in production of fine chemicals and materials. However, the HMF has only been produced from fructose at pilot scales, and to date no scalable approach for its production from raw biomass has been reported. Frequent water solubility, high boiling point, and sensitivity to the acidic conditions impose difficulties in HMF production from carbohydrates on a large scale. Therefore, a potentially disruptive innovation in the arena of renewable chemicals has recently been introduced in the form of the HMF analog, 5-(chloromethyl)furfural (CMF) which unlike HMF, can be obtained in high yield and purity from glucose or even directly from cellulosic biomass. CMF being hydrophobic in nature, can readily be isolated from the acidic hydrolysate or reaction media with a high efficacy, and can be readily converted into a variety of important compounds, e.g., 2,5-dimethylfuran (DMF), 5-ethoxymethylfurfural (EMF), HMF, etc., due to its interesting reactive chemistry. Therefore, we prompted to explore an efficacious protocol for production of CMF directly from spent aromatic waste *via* chemical processing in a biphasic reaction media consisting of concentrated HCl and chloroform in the presence of NaCl in a sealed pressure glass reactor. The biomass derived CMF was further investigated under a novel one pot method for synthesis of HMF using iodosyl benzene (PhIO) as an oxidative reagent under mild reaction conditions.

Feedstock preparation and determination of fractional composition: Spent aromatic biomass was collected after the on-farm hydro-distillation of aromatic crops at Center of Innovative and Applied Bioprocessing, Mohali (CIAB), Punjab State, India. Primary composition of spent aromatic biomass (such as carbohydrate sugars, lignin, and ash) was determined following the Standard National Renewable Energy Laboratory (NREL) protocol.

Pre-treatment of spent aromatic waste: Powdered

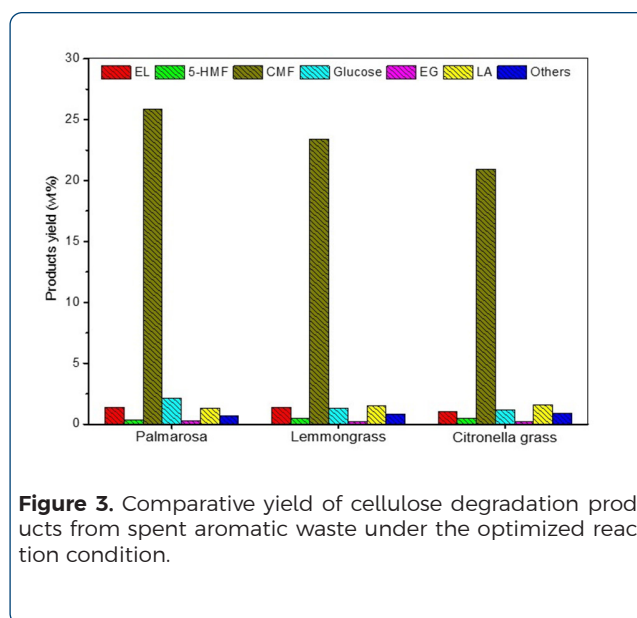
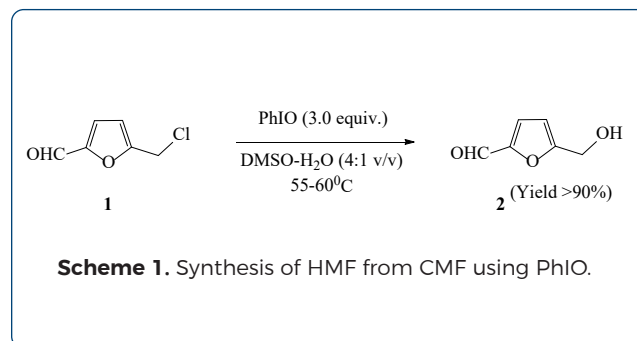
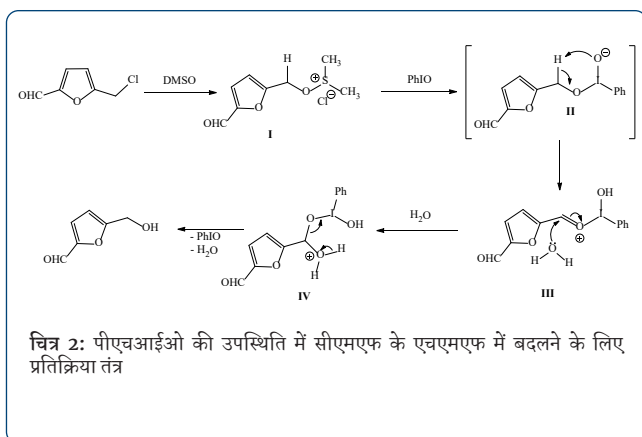


Figure 3. Comparative yield of cellulose degradation products from spent aromatic waste under the optimized reaction condition.

biomass was pre-treated with *p*-cymene sulphonic acid (*p*-CSA), a Brønsted acid synthesised from d-limonene as a renewable feed stock from solid citrus waste, under autoclave condition following the protocol reported in literature. The pre-treated biomass was separated from hydrolysate simply by filtration followed by drying in a hot air oven at 45-50°C.

Synthesis of 5-(chloromethyl)furfural (CMF) from pre-treated biomass: Pre-treated spent aromatic biomass (1.0 g), concentrate HCl (5 mL), chloroform (15 mL) and NaCl (50 mg) were loaded on a thick-walled high-pressure glass reactor (Ace Glass, USA) of 120 mL capacity sealed (back) with silicone rubber. The reaction mixture was heated at 100°C in an oil bath for 1 h. After time elapsed, the sealed glass tube was removed from oil bath and subsequently cooled to room temperature by the application of cold water. The reaction mixture was centrifuged at 8,000 rpm for 20 min. Pallet was collected and stored for further use. Organic phase was separated from reaction liquid while the aqueous phase was repeatedly washed with chloroform. After pooling, the organic phase was subjected to GC-MS analysis for detection and quantification of CMF. Aqueous phase was separately analyzed by HPLC for detection and quantification of carbohydrates (e.g.,





मिलीग्राम) 120 एमएल की मोटी दीवार वाले तथा क्षमता सील (वापस) सिलिकॉन रबर के साथ उच्च दबाव वाले ग्लास रिएक्टर (एस ग्लास, यूएसए) पर लोड किए गए थे। प्रतिक्रिया मिश्रण को 1 घंटे के लिए तेल स्नान में 100 डिग्री सेल्सियस पर गरम किया गया था। समय बीत जाने के बाद, सीलबंद ग्लास ट्यूब को तेल स्नान से हटा दिया गया और बाद में ठंडे पानी के आवेदन से कमरे के तापमान तक ठंडा कर दिया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण को 20 मिनट के लिए 8,000 आरपीएम पर सेंट्रीफ्यूज किया गया था। पैलेट को एकत्र किया गया और आगे उपयोग के लिए संग्रहीत किया गया। कार्बनिक चरण को प्रतिक्रिया तरल से अलग किया गया था जबकि जलीय चरण को बार-बार क्लोरोफॉर्म से धोया गया था। पूलिंग के बाद, सीएमएफ का पता लगाने और मात्रा का ठहराव के लिए कार्बनिक चरण को जीसी-एमएस विश्लेषण के अधीन किया गया था। एचपीएलसी द्वारा कार्बोहाइड्रेट (जैसे, ग्लूकोज, फ्रुक्टोज, अरेबिनोज आदि) और उनके क्षरण उत्पादों (एचएमएफ, लेवुलिनिक एसिड, फॉर्मिक एसिड, एसिटिक एसिड आदि) का पता लगाने और मात्रा का ठहराव के लिए जलीय चरण का अलग से विश्लेषण किया गया था। कम दबाव के तहत कार्बनिक चरण की एकाग्रता के परिणामस्वरूप एक घने पीले तरल का परिणाम होता है जिसे स्तंभ क्रोमैटोग्राफी द्वारा शुद्ध किया गया था ताकि अच्छी उपज (पूर्व-उपचारित बायोमास के संबंध में ~ 26%) और शुद्धता (~ 98%) में हल्का पीला तेल मिल सके, चित्र 1।

गतिविधि -4: सीएमएफ से एचएमएफ का एक पॉट संश्लेषण: सीएमएफ (यौगिक 1, 100 मिलीग्राम) के साथ डीएमएसओ और पानी 4:1 (v/v) के अनुपात में एक आरबी फ्लास्क में लिया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण को तुरंत से तैयार PhIO (455 मिलीग्राम, 3.0 इक्विव) के साथ जोड़ा गया और 3 घंटे के लिए 55-60 डिग्री सेल्सियस पर गरम किया गया। समय बीत जाने के बाद, प्रतिक्रिया को कमरे के तापमान पर ठंडा होने दिया गया और उसके बाद कम दबाव में विलायक को हटा दिया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण को एथिल एसिटेट के साथ निकाला गया और उसके बाद पानी और नमकीन पानी से धोया गया। कार्बनिक परत को अलग किया गया और निर्जल सोडियम सल्फेट पर सुखाया गया। कम दबाव के तहत कार्बनिक चरण की एकाग्रता हल्के पीले तरल (91 मिलीग्राम, ~ 90% उपज) के रूप में एचएमएफ 2 (चित्रा 2) मिला। हालांकि, सीएमएफ के एचएमएफ में इस तरह के ऑक्सीडेटिव परिवर्तन के लिए तंत्र की विस्तृत समझ के लिए अतिरिक्त अध्ययन की आवश्यकता होगी, हालांकि, यह माना जाता है कि डीएमएसओ के साथ सीएमएफ की प्रारंभिक प्रतिक्रिया से एक अतिरिक्त उत्पाद I का निर्माण हो सकता है जो PhIO के साथ प्रतिक्रिया करता है और

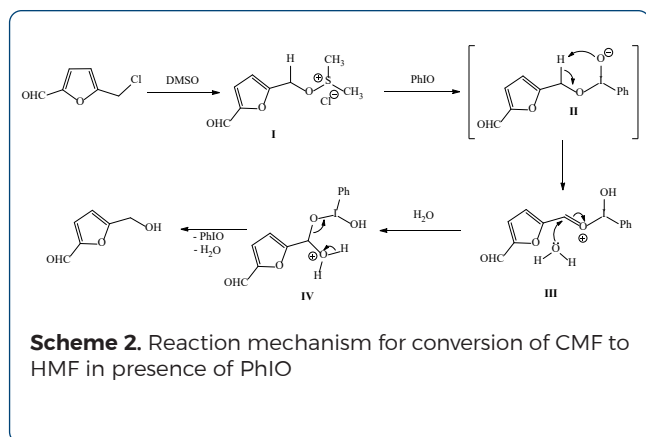
मध्यवर्ती II उत्पन्न करता है जो एक अधिक स्थिर मध्यवर्ती III में विघटित होता है। मध्यवर्ती IV (चित्र 3) पर पानी के अणु की क्रिया द्वारा अपघटन के माध्यम से उत्पाद एचएमएफ की आसान रिहाई होती है।

गतिविधि-5: हाइड्रो-चार से लिग्निन की पुनर्प्राप्ति: हाइड्रो-चार से लिग्निन को 2% जलीय NaOH में 100 डिग्री सेल्सियस पर उबालकर प्राप्त किया गया था। 20 मिनट के लिए 8000 RPM पर प्रतिक्रिया तरल के केंद्रापसारक के बाद 0.5 नार्मल सल्फ्यूरिक एसिड समाधान के साथ पीछे के तरल के पृथक्करण और निष्प्रभावीकरण के परिणामस्वरूप पीएच 3.0 पर लिग्निन तरल में बैठ गया। क्रिस्टलीय अवस्था में लिग्निन को वहन करने के लिए अवक्षेप को फिल्टर किया गया, पानी से धोया गया और गर्म हवा के ओवन में सुखाया गया। लिग्निन की उपज की गणना निम्नलिखित सूत्रों का उपयोग करके की गई थी।

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

प्रमुख उपलब्धियां

- सिट्रोनेला आवश्यक तेल में ~85% चयनात्मकता के साथ सिट्रोनेल को पीएमडी में बदलना।
- हल्के रासायनिक प्रसंस्करण के दौरान कोई साइड उत्पाद नहीं बनता है।
- 96% उपज में पीएमडी मूल्य वर्धित सिट्रोनेला तेल की वसूली।
- जीसी-एमएस अध्ययन द्वारा पीएमडी के सभी चार स्टीरियोइसोमर्स का पता लगाया जा सकता है।
- अच्छी उपज (बायोमास के संबंध में ~ 26%) और शुद्धता में खर्च किए गए सुगंधित बायोमास से सीएमएफ का उत्पादन।
- एचएमएफ में सीएमएफ के ऑक्सीकरण के लिए हरित अभिकर्मक आयोडोसिल बेंजीन (पीएचआईओ) का उपयोग।
- हल्की प्रतिक्रिया की स्थिति में बायोमास व्युत्पन्न सीएमएफ से एचएमएफ तक आसान पहुंच।



glucose, fructose, arabinose etc.) and their degradation products (HMF, levulinic acid, formic acid, acetic acid etc.). Concentration of organic phase under reduced pressure resulted in a dense yellow liquid which was further purified by column chromatography to afford a light yellow oil in good yield (~26% with respect to pre-treated biomass) and purity (~98%), Figure 3.

One pot synthesis of HMF from CMF: A RB flask containing CMF (compound 1, 100 mg) along with DMSO and water in ratio of 4:1 (v/v) was taken. The reaction mixture was added with freshly prepared PhIO (455 mg, 3.0 equiv.) and heated at 55-60 °C for 3h. After time elapsed, the reaction was allowed to cool at room temperature followed by removal of solvent under reduced pressure. Reaction mixture was extracted with ethyl acetate followed by washing with water and brine. Organic layer was separated and dried over anhydrous sodium sulphate. Concentration of the organic phase under reduced pressure furnished HMF 2 (Scheme 1) as a light yellow liquid (91 mg, ~90% yield). Although, a detailed understanding of the mechanism for such an oxidative transformation of CMF to HMF will require additional studies, however, it is assumed that the initial reaction of CMF with DMSO may lead to the formation of an addition product I which reacts with PhIO and generates intermediate II that decomposes to a more stable intermediate III. Action of water molecule cause an easy release of product HMF via the decomposition of intermediate IV (Scheme 2).

Recovery of lignin from hydro-char: The lignin from the hydro-char was obtained by boiling it in 2% aq. NaOH solution for 2h at 100°C. Centrifugation of the reaction liquid at 8000 RPM for 20 min followed by separation and neutralization of the back liquid with 0.5 N H₂SO₄ solution resulted in the precipitation of the lignin at pH 3.0. The precipitate was filtered out, washed with water and dried in a hot air oven to afford lignin in crystalline state. Yield of lignin was calculated using the following formulae.

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

Salient Achievements

- ◆ Conversion of citronella essential oil contained citronellal to PMD with ~85% selectivity.
- ◆ No side product formation during the mild chemical processing.
- ◆ Recovery of PMD value added citronella oil in >96% yield.
- ◆ All the four stereoisomers of PMD could be detected by GC-MS study.
- ◆ Production of CMF from spent aromatic biomass in good yield (~ 26% with respect to biomass) and purity.
- ◆ Use of green reagent iodosyl benzene (PhIO) for oxidation of CMF to HMF.
- ◆ Easy access to HMF from biomass derived CMF under the mild reaction condition.

बायोटेक्नोलॉजी और सिंथेटिक बायोलॉजी



डॉ. सुधीर पी सिंह

वैज्ञानिक-डी

रिसर्च फेल्लो

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

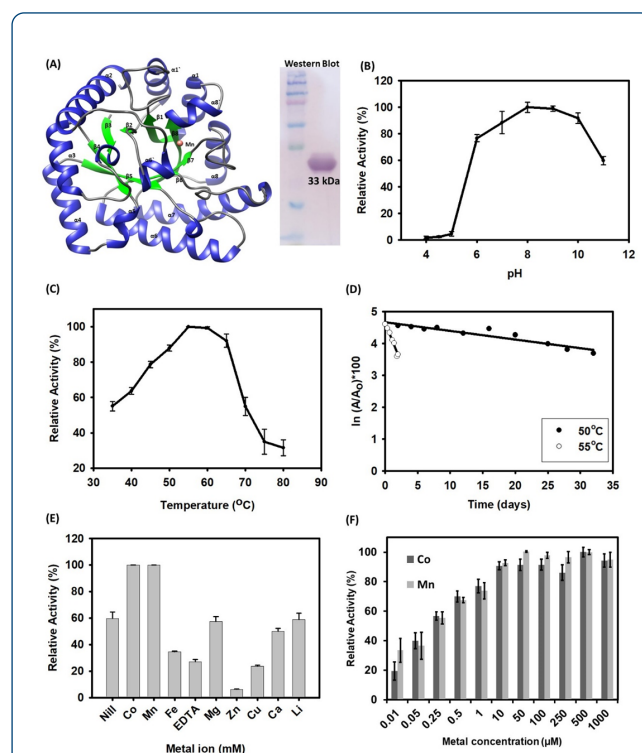
विशेषज्ञता

आणविक जीव विज्ञान, जैव प्रौद्योगिकी, सिंथेटिक जीव विज्ञान।

दुर्लभ शर्करा कैलोरी शर्करा के संभावित विकल्प के रूप में उभर रहे हैं। डी-एलुलोज अति-कम कैलोरी के साथ डी-फ्रक्टोज का एक एपिमर है। कई रिपोर्टों में डी-एलुलोज को एक स्वास्थ्य लाभकारी जैव-अणु के रूप में पाया गया है, जो मोटापा-विरोधी, मधुमेह-विरोधी और हाईपोलिपिडेमिक प्रभाव डालता है। इस दुर्लभ चीनी को उपभोग के लिए आम तौर पर सुरक्षित (जीआरएस) का दर्जा दिया गया है। इसके उपयोग से खाद्य उत्पाद की शेल्फ-लाइफ और बनावट में सुधार होता है। इन विशेषताओं के साथ, भारत में मोटापे और मधुमेह की बढ़ती घटनाओं के वर्तमान परिदृश्य में डी-एलुलोज एक मांग वाला अणु है। डी-एलुलोज को डी-एलुलोज 3-एपिमरेज का उपयोग करके एंजाइमेटिक रूप से संश्लेषित किया जाता है। डी-एलुलोज के औद्योगिक उत्पादन के लिए उच्च तापीय स्थिरता और एंजाइम की उच्च टर्नओवर संख्या महत्वपूर्ण है। अपने पिछले अध्ययनों में हमने एंजाइम के उत्प्रेरक प्रदर्शन से समझौता किए बिना, एप्रोबैक्टोरियम ट्यूमेफासाइंस डी-एलुलोज 3-एपिमरेज की थर्मल स्थिरता में कई गुना सुधार किया था। हाल ही में, हमने एक थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम जांच करके थर्मोस्टेबल डी-एलुलोज 3-एपिमरेज, डीईएम की सूचना दी है। वर्तमान में, हमने बैसिलस एसपी. के एक नवीन डी-एलुलोज 3-एपिमरेज की विशेषता बताई है, जो उच्च टर्नओवर संख्या के साथ प्रोफ्यूज गर्मी-स्थिरता को प्रदर्शित करता है।

डी-एलुलोज उत्पादन के लिए बैसिलस एसपी. मूल का एक थर्मोस्टेबल डी-एलुलोज 3-एपिमरेज: सार्वजनिक प्रोटीन डेटाबेस को बैसिलस एसपी. के एक नवीन डी-एलुलोज 3-एपिमरेज की खोज के लिए खनन किया गया था। जीन माइनिंग के परिणामस्वरूप बैसिलस एसपी. KCTC13219 के जीनोम में एन्कोडेड एक नवीन पुटेटिव डी-एलुलोज 3-एपिमरेज की

पहचान हुई। कोडोन अनुकूलित डीएनए टुकड़ा रासायनिक रूप से संश्लेषित किया गया था और बैसिलस सबटिलिस के एक स्ट्रेन में व्यक्त किया गया था। मानक विधियों का पालन करते हुए प्रोटीन को निकाला और शुद्ध किया गया। शुद्ध प्रोटीन, डीईबी, तापमान और पीएच की एक विस्तृत श्रृंखला में अपने उत्प्रेरक कार्य के लिए विशेषता थी। डी-फ्रक्टोज के डी-एलुलोज में परिवर्तन को उत्प्रेरित करने के लिए अधिकतम गतिविधि (80% या अधिक सापेक्ष गतिविधि) 6.0 से 10.0 के पीएच रेंज और 50-65 डिग्री सेल्सियस तापमान (चित्र 1) में प्राप्त की गई थी। औद्योगिक लेवल में डी-एलुलोज उत्पादन के लिए प्रोटीन की थर्मल स्थिरता एक महत्वपूर्ण विशेषता है। डीईबी को लंबे समय तक हीट के संपर्क में रखा गया था और प्रोटीन के आधे जीवन की जांच के लिए अलग-अलग समय बिंदुओं पर गतिविधि को फिर से देखा गया था। दिलचस्प बात यह है कि डीईबी ने 50 डिग्री सेल्सियस (चित्र 1) पर लगभग 25 दिनों का आधा जीवन प्रदर्शित किया। टर्नओवर संख्या को रिकॉर्ड करके डीईबी की उत्प्रेरक क्षमता की भी जांच की गई थी। इसने एलिवेटेड टर्नओवर नंबर ($k_{cat} = 367.84 \text{ s}^{-1}$) प्रदर्शित किया, जो इसके औद्योगिक-परीक्षण उपयोग के लिए एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है। 50 डिग्री सेल्सियस पर अत्यधिक तापीय स्थिरता और उच्च टर्नओवर संख्या के साथ डीईबी में औद्योगिक पैमाने पर डी-एलुलोज उत्पादन की बहुत अधिक संभावना है। 700 ग्राम/ली डी-फ्रक्टोज के एंजाइमेटिक (डीईबी) उपचार से लगभग 90 मिनट में लगभग 200 ग्राम/ली डी-एलुलोज प्राप्त हुआ। एंजाइमेटिकली प्रोसेस्ड रिएक्शन मिक्सचर के बेकर यीस्ट ट्रीटमेंट के युग्मन से डी-फ्रक्टोज के शेष अपरिवर्तित अंश को किण्वित करके लगभग 214 ग्राम /ली इथेनॉल प्राप्त हुआ।



चित्र 1: बैसिलस सबटिलिस में एक्सप्रेसड डीईबी प्रोटीन की अभिव्यक्ति दिखाए गए वेस्टर्न ब्लॉटिंग (ए)। पीएच (बी), तापमान (सी), धातु लवण (1 मिमी) के प्रभाव को दर्शाने वाली डीईबी की सापेक्ष गतिविधि, (डी) MnCl_2 और CoCl_2 (एफ) की बढ़ती एकाग्रता के प्रभाव को दिखाते हुए डीईबी की सापेक्ष गतिविधि। डीईबी (डी) की स्थिरता पर गर्मी के जोखिम (50°C और 55°C) का प्रभाव। मान तीन जैविक प्रतिकृति \pm मानक विचलन के माध्य में हैं।

BIOTECHNOLOGY & SYNTHETIC BIOLOGY



Dr. Sudhir P Singh
Scientist-D

Research Fellows

Satya N. Patel
Manisha Sharma
Namrata Joshi
Monika Thakur
Girija Kaushal
Nitish Sharma

Expertise: Molecular biology, biotechnology, synthetic biology.

Rare sugars are emerging as potential alternatives of caloric sugars. D-allulose is an epimer of D-fructose with ultra-low calorie. In many reports D-allulose has been found as a health beneficial biomolecule, exerting anti-obesity, anti-diabetic, and hypolipidemic effects. This rare sugar has been accorded generally regarded as safe (GRAS) status for consumption. Its use improves shelf-life and texture of the food product. With these features, D-allulose is a demanding molecule in the current scenario of the increasing incidences of obesity and diabetes in India. D-allulose is enzymatically synthesized by using D-allulose 3-epimerase. High thermal stability and high turnover number of the enzyme are critical for industrial production of D-allulose. In our previous studies we had improved thermal stability of *Agrobacterium tumefaciens* D-allulose 3-epimerase by several folds, without compromising catalytic performance of the enzyme. Recently, we have reported a thermostable D-allulose 3-epimerase, DaeM, by investigating a thermal spring metagenome. Currently, we have characterized a novel D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp., exhibiting profuse heat-stability with high turnover number.

A thermostable D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp. origin for D-allulose production: The public protein database was mined to search for a novel D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp. origin. The gene mining resulted identification of a novel putative D-allulose 3-epimerase encoded in the genome of *Bacillus*

sp. KCTC13219. The codon optimized DNA fragment was chemically synthesized and expressed in a strain of *Bacillus subtilis*. The protein was extracted and purified following standard methods. The purified protein, DaeB, was characterized for its catalytic function in a wide range of temperature and pH. The maximum activity (80% or more relative activity) for catalyze the transformation of D-fructose to D-allulose was obtained in the pH range of 6.0 to 10.0, and 50-65°C temperature (Figure 1). Thermal stability of protein is an important feature to establish industrial processes for D-allulose production. DaeB was exposed to heat for an extended period of time and activity was recorded at different time points to examine the half-life of the protein. Interestingly, DaeB displayed a half-life of about 25 days at 50°C (Figure 1). The catalytic potential of DaeB was also examined by recoding the turnover number. It displayed elevated turnover number ($k_{cat} = 367.84 \text{ s}^{-1}$), which is a critical parameter for its industrial use. With excessive thermal stability at 50°C and high turnover number DaeB has a very high potential for D-allulose production at industrial scale. The enzymatic (DaeB) treatment of 700 g/L D-fructose yielded about 200 g/L D-fructose in about 90 min. The coupling of the Baker's yeast treatment of the enzymatically processed reaction mixture further yielded about 214 g/L ethanol by fermenting the remaining untransformed fraction of D-fructose.

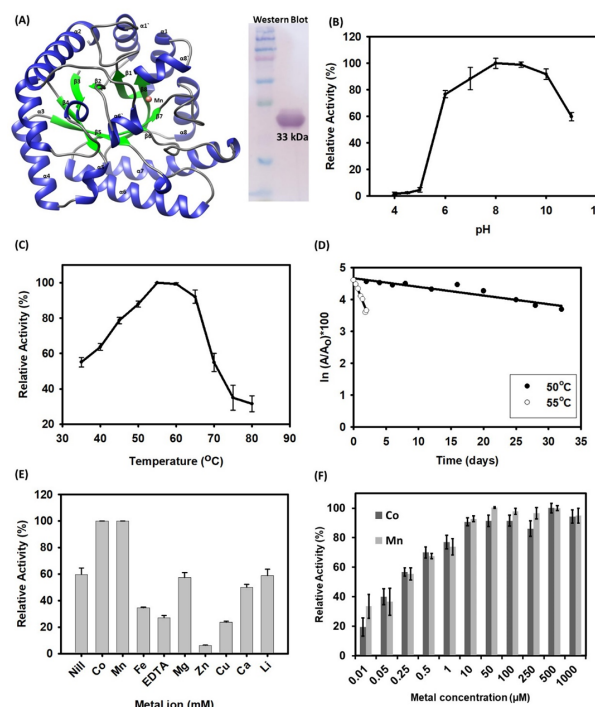
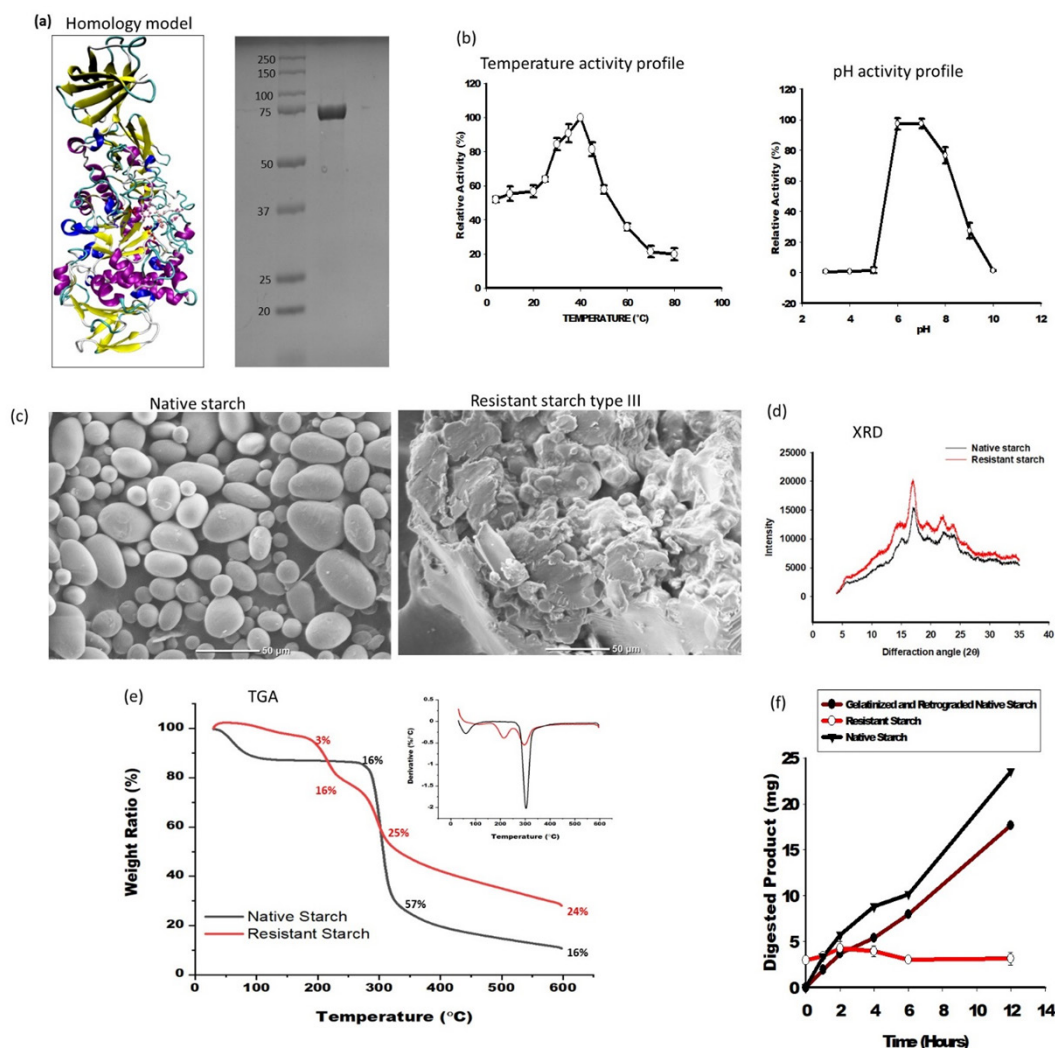


Figure 1. Western blotting showing expression of DaeB protein expressed in *Bacillus subtilis* (A). Relative activity of DaeB showing the effect of pH (B), temperature (C), metal salts (1 mM) (E) and increasing concentration of MnCl₂ and CoCl₂ (F) on the catalytic performance. Effect of heat exposure (50°C and 55°C) on the stability of DaeB (D). The values are mean of three biological replications ± standard deviation.



चित्र 2: अनुरूप मॉडल और एसडीएस पेज पुलुलानेज (PuLM) की विषम अभिव्यक्ति दिखा रहा है (ए), PuLM का तापमान और पीएच गतिविधि प्रोफाइल। (बी) देशी और प्रतिरोधी स्टार्च नमूनों का एसईएम (सी), एक्सआरडी (डी), टीजीए विश्लेषण (ई), और इन विट्रो पाचन (एफ), द्वारा प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III की विशेषता दिखा रहा है।

प्रतिरोधी स्टार्च टाइप III के जैवसंश्लेषण के लिए एक नया टाइप-1-पुलुलानेज: स्टार्च का प्रकार जो आंतों के पाचन से बच जाता है उसको प्रतिरोधी स्टार्च कहा जाता है। यह मेटाबोलिक और कॉलोनाइजर स्वास्थ्य में फायदेमंद है। टाइप III प्रतिरोधी स्टार्च अपनी थर्मल स्थिरता की वृद्धि के कारण विशिष्ट रुचि का है, जो खाद्य प्रसंस्करण चरण के दौरान इसकी कार्यक्षमता को संरक्षित करने में मदद करती है। टाइप 1 पुलुलानेज, α -1,6-ग्लाइकोसिडिक बांड जो अमाइलोपेक्टिन की शाखाओं में बंटी बिंदुओं पर उपस्थित है, की हाइड्रोलिसिस को उत्प्रेरित करता है, और रैखिक ग्लूकन चेन की निर्गमन करता है। इस प्रकार, टाइप 1 पुलुलानेज के उपचार से स्टार्च में अमाइलोज सामग्री बढ़ जाती है। टाइप 1 पुलुलानेज से बने स्टार्च की रेट्रोग्रेडेशन से प्रतिरोधी स्टार्च टाइप III बन जाता है। हमने सिक्किम हिमालय क्षेत्र के थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम की जांच की है और एक नए प्रकार के टाइप 1 पुलुलानेज जीन की पहचान की। जीन को विषम मेजबान में क्लोन और व्यक्त किया गया और शुद्ध प्रोटीन, PuLM की जैव रासायनिक विशेषता देखी गई।

हॉट स्प्रिंग सिक्किम हिमालय के मेटाजीनोम का खनन किया गया और एक नए प्रकार के टाइप 1 पुलुलानेज की पहचान की गई। सार्वजनिक

न्यूक्लियोटाइड डाटाबेस (एनसीबीआई एनआर) में जीन ने किसी भी डीएनए अनुक्रम के साथ मैच नहीं दिखाया है। प्रोटीन के स्तर पर, PuLM ने एक्सीगैक्टेरियम एसपी. स्ट्रेन से लगभग 93% का पहचान प्रदर्शन किया। टाइप 1 पुलुलानेज एक विषम मेजबान में व्यक्त किया गया था और पुलुलन सबस्ट्रेट को उपयोग करके शुद्ध प्रोटीन की जैव रासायनिक विशेषता देखी गई (चित्र 2)। टाइप 1 पुलुलानेज (PuLM) ने 4 - 40 डिग्री सेल्सियस के तापमान सीमा में लगभग 50-100% उत्प्रेरक गतिविधि दिखाई और इष्टतम गतिविधि 40 डिग्री सेल्सियस पर पाई गई। पुलुलानेज की 6-8 पीएच रेंज में अधिक गतिविधि थी और 6-10 pH की सीमा में 48 घंटे के लिए बेहतर पीएच स्थिरता थी। एंजाइम ने 40 दिनों तक 40 डिग्री सेल्सियस पर अपनी प्रारंभिक गतिविधि (चित्र 2) के 80% से अधिक गतिविधि दिखाई, जो काफी अच्छी स्थिरता का प्रमाण है। सेल्यूलोज के बाद स्टार्च पृथ्वी पर दूसरा सबसे बड़ा बायोमोलिक्यूल है और इसका उपयोग मूल्य वर्धित उत्पादों में औद्योगिक स्तर पर अपार संभावनाएं ला सकता है। इस संदर्भ में, हमने आलू से निकाले गए स्टार्च को प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III अणुओं में संसाधित किया है। आलू स्टार्च को PuLM का उपयोग करके डिब्रांच, प्रतिगामी और अवक्षेपण के बाद प्रतिरोधी स्टार्च निर्मित किया गया था (चित्र 2)। स्टार्च

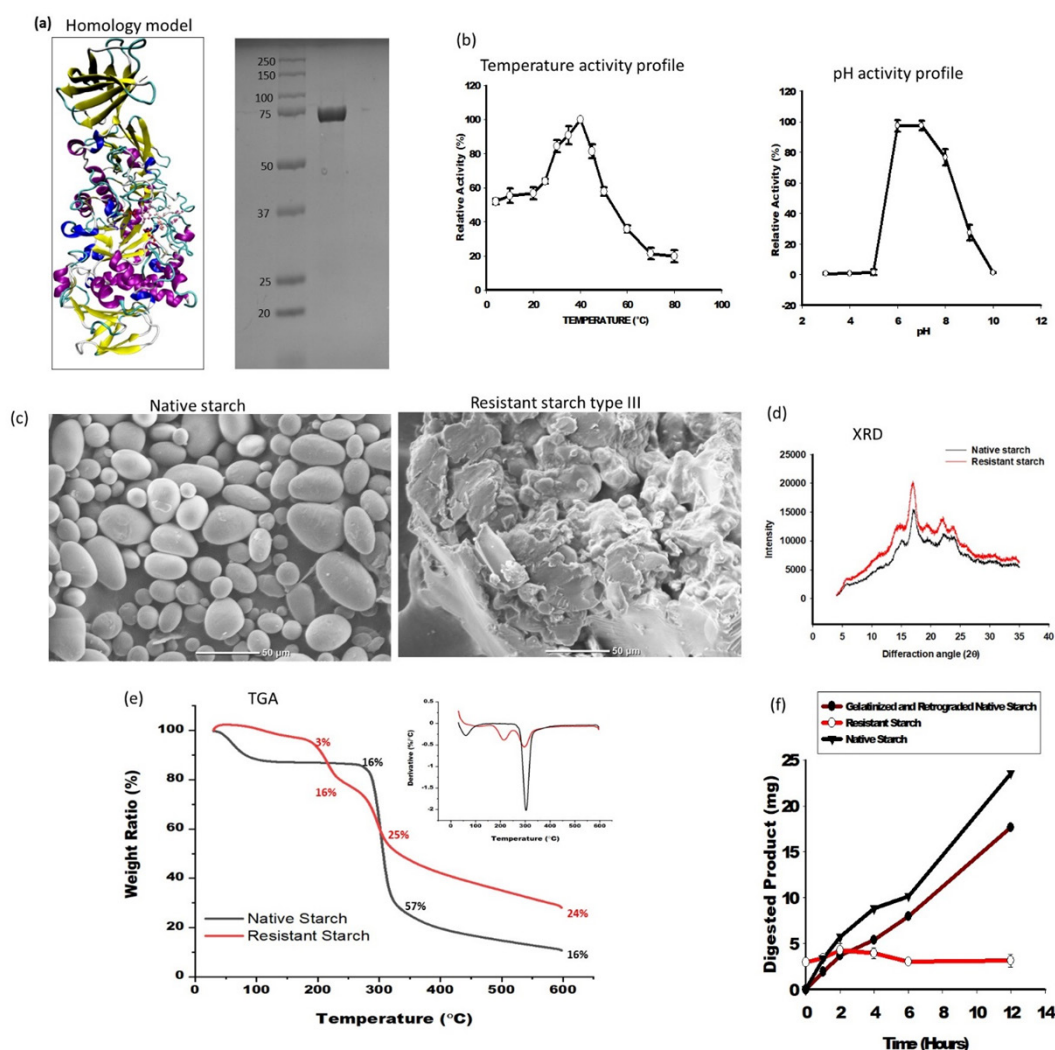
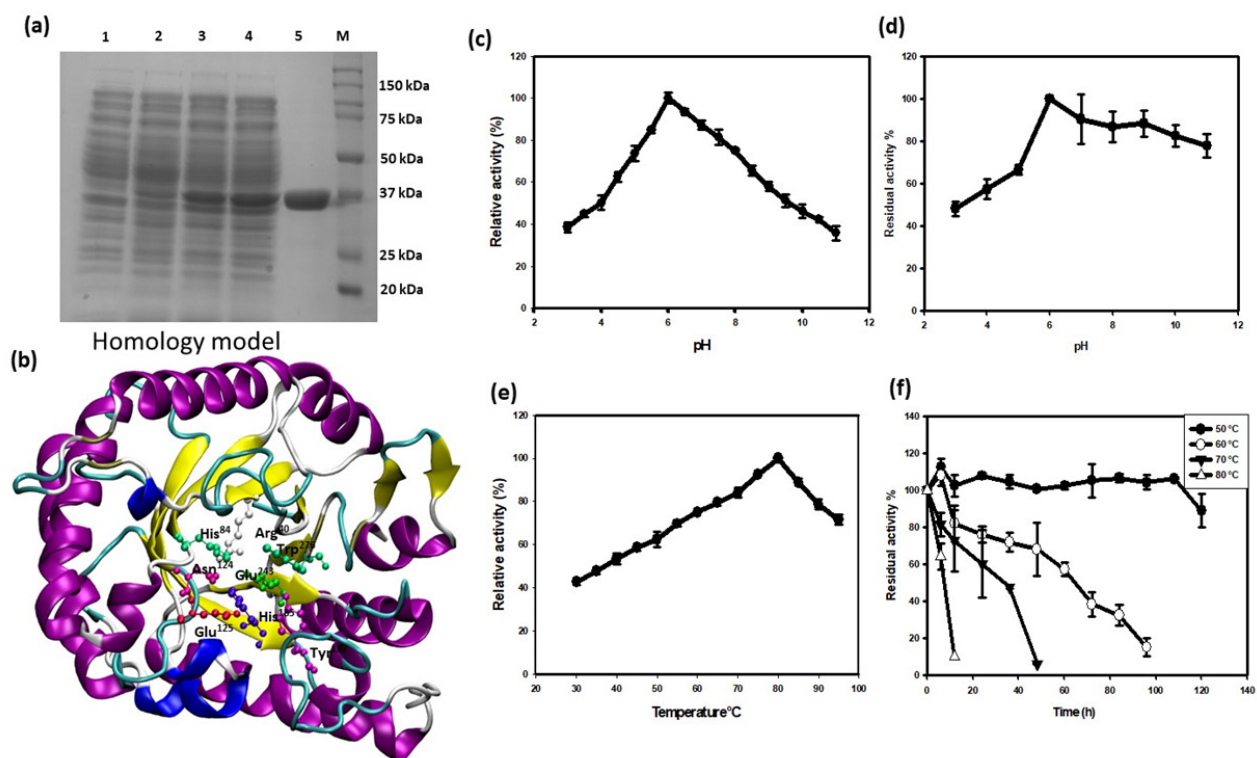


Figure 2. Homology model of a novel Type I pullulanase (PuLM), and SDS page showing its heterologous expression (a). Temperature and pH activity profiles of PuLM. SEM of native and resistant starch samples (c), Characterization of resistant starch type III by XRD (d) and TGA analysis (e), and In vitro digestibility (f).

A novel type 1 pullulanase for biosynthesis of resistant starch type III: The type of starch that escapes intestinal digestion is called as resistant starch. It exerts metabolic and colonic health benefits. Type III resistant starch is of specific interest due to its increased thermal stability that helps in preserving its functionality during food processing steps. Type I pullulanase catalyzes hydrolysis of α -1,6-glycosidic bonds present at branching points in the amylopectin, releasing linear glucan chains. Thus, treatment of Type I pullulanase increases the amylose content in starch. Retrogradation of Type I pullulanase treated starch results into synthesis of resistant starch type III. We have investigated thermal spring metagenome of the Sikkim Himalayasn region and identified a novel type I pullulanase gene. The gene was cloned and expressed in heterologous host and the purified protein, PuLM, was biochemically characterized.

The metagenome of hot spring Sikkim Himalaya was mined for the identification of a novel type I pul-

lulanase. The gene did not show match with any DNA sequence in the public nucleotide database (NCBI NR). At protein level, it exhibited the maximum identity of 93% from *Exigaubacterium* sp. strain. The novel pullulanase was expressed in a heterologous host and the protein was purified and biochemically characterized by using pullulan as substrate (Figure 2). The novel pullulanase (PuLM) exhibited substantially high (50-100%) catalytic activity in the temperature range of 4°C-40°C, with optimal activity at 40°C. The activity was higher in the pH range of 6-8, and a good pH stability was also observed in the range of 6-10pH for 48 h. It showed substantially good stability at 40°C for up to 40 days, by retaining more than 80% of its initial activity (Figure 2). Starch is the second largest biomolecule on earth after cellulose and its utilization into value added products can be of huge potential at industrial level. In view of this, we have processed the starch extracted from potato into resistant starch type III molecules. The potato starch was debranched using PuLM, followed by retro-



चित्र 3: CelM प्रोटीन का एसडीएस-पेज विश्लेषण (ए) और इसके होमोलॉजी मॉडल (बी)। CelM की गतिविधि पर pH का प्रभाव (c) और स्थिरता (डी)। CelM की गतिविधि पर तापमान का प्रभाव (e) और स्थिरता (f)।

से टाइप III प्रतिरोधी स्टार्च की उपज करीब 45 फीसदी रहने का अनुमान था। प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III की विशेषता को देशी आलू की तुलना में विश्लेषणात्मक तकनीकों से जाँचने पर क्रिस्टलिनता और गर्मी स्थिरता की पुष्टि की गई। इसके अलावा, प्रतिरोधी स्टार्च ने एंजाइमी पाचन में प्रतिरोध दिखाया है।

सेल्यूलोज हाइड्रोलिसिस के लिए एक नया थर्मो-हेलो-टॉलरेंट एंडोग्लुकेनेज: सेल्यूलोज इस ग्रह पर प्रचुर मात्रा में नवीकरणीय बायोमास है। इसमें β -1,4-ग्लाइकोसिडिक बांड द्वारा जुड़े डी-ग्लूकोज मोनोमेरिक इकाइयों की एक लंबी श्रृंखला का गठन किया जाता है। सेल्यूलोज जैव-प्रसंस्करण की मांग को पूरा करने के लिए एक कुशल और कम लागत वाली प्रक्रिया की आवश्यकता होती है। सेल्यूलोज के जैव प्रसंस्करण के लिए एंडोग्लुकेनेज एक आवश्यक एंजाइम है। यह सेल्यूलोज को हाइड्रोलाइज करके सेलो-ऑलिगोसेकेराइड्स का विमोचन करता है। एंडोग्लुकेनेज विभिन्न औद्योगिक प्रक्रियाओं में सेल्यूलोज क्षरण के लिए जाना जाता है। साहित्य में बहुत एंडोग्लुकेनेज की सूचना दी गई है, हालांकि, कुशल और बायोमास प्रसंस्करण गतिविधियों के लिए मजबूत एंजाइम की मांग बढ़ती जा रही है। हमने नए थर्मो-हेलो-टॉलरेंट एंडोग्लुकेनेज अत्यधिक के लिए हॉट स्प्रिंग की जांच की है।

एक अत्यधिक तापमान जलीय आवास का खनन किया गया और उसमें से उत्पन्न मेटाजीनोमिक डेटा संसाधन से एक नए जीन GH5 एंडोग्लुकेनेज (CelM) की पहचान की गई। जीन की सार्वजनिक न्यूक्लियोटाइड डेटाबेस (एनसीबीआई एनआर) में उपलब्ध डीएनए अनुक्रमों में से किसी के साथ पहचान नहीं देखी गई। इसके अलावा, प्रोटीन स्तर पर CelM ने कालदिलीनेए जीवाणु के GH5 एंडोग्लुकेनेज (HEY64700) से

अधिकतम पहचान 62% पाई गई। जीन एक विषम मेजबान में व्यक्त किया गया और प्रोटीन को शुद्ध करके इसकी जैव रासायनिक विशेषता देखने के लिए Na-CMC सबस्ट्रेट के रूप में उपयोग किया गया था। CelM का इष्टतम पीएच 6.0 प्रदर्शित किया और 80 डिग्री सेल्सियस (चित्र 3 सी और ई) पर अधिकतम गतिविधि दिखाई। CelM के पास चौड़ी श्रेणी की पीएच और तापमान स्थिरता की सीमा पाई गई। CelM की 48% अवशिष्ट गतिविधि पीएच 3 पर और पीएच 11 पर 77% दर्ज की गई। इसके अलावा, यह 110 घंटे के लिए 50 डिग्री सेल्सियस पर लगभग 100% गतिविधि बरकरार रखी। CelM 60 डिग्री सेल्सियस पर 65 घंटे का आधा जीवन और 80 डिग्री सेल्सियस पर 8 घंटे का प्रदर्शन किया (चित्र 3)। CelM की 1mM Mn और Co की उपस्थिति में 10% से 30% तक उत्प्रेरक गतिविधि देखी गई, चूंकि EDTA ने CelM की गतिविधि पर कोई प्रभाव नहीं दिखाया, CelM को एक धातु स्वतंत्र एंजाइम के रूप में वर्गीकृत किया गया है। इसके अतिरिक्त, इसने ब्यूटेनॉल को छोड़कर कार्बनिक सॉल्वेंट्स के प्रति उच्च सहिष्णुता दिखाई। CelM ने कई वाणिज्यिक डिटर्जेंट की उपस्थिति में लगभग 50% सापेक्ष गतिविधि दिखाई जो काफी अच्छी डिटर्जेंट सहिष्णुता का प्रमाण है (चित्र 4)। CelM ने 30 दिनों के लिए 3 M NaCl और KCl की उपस्थिति में अपनी गतिविधि का लगभग 100% बरकरार किया जो कि अविश्वसनीय नमक सहिष्णुता का प्रदर्शन है (चित्र 4)। हालांकि, 3 M LiCl के साथ इनक्यूबेट करने पर इसने 20% गतिविधि का नुकसान दिखाया। इसके अलावा, Na-CMC के हाइड्रोलिसिस के परिणामस्वरूप सेलो-ऑलिगोसेकेराइड्स का निर्माण 2-5 से लेकर पोलिमराइजेशन की डिग्री के साथ हुआ। एचपीएलसी विश्लेषण का संचालन करते हुए, यह दर्शाया गया था कि CelM द्वारा 24 घंटे की हाइड्रोलाइटिक प्रतिक्रिया के बाद, सबस्ट्रेट (CMC) के 10 mg mL⁻¹ से 1.33 mg mL⁻¹ सेलोबायोज और 0.945

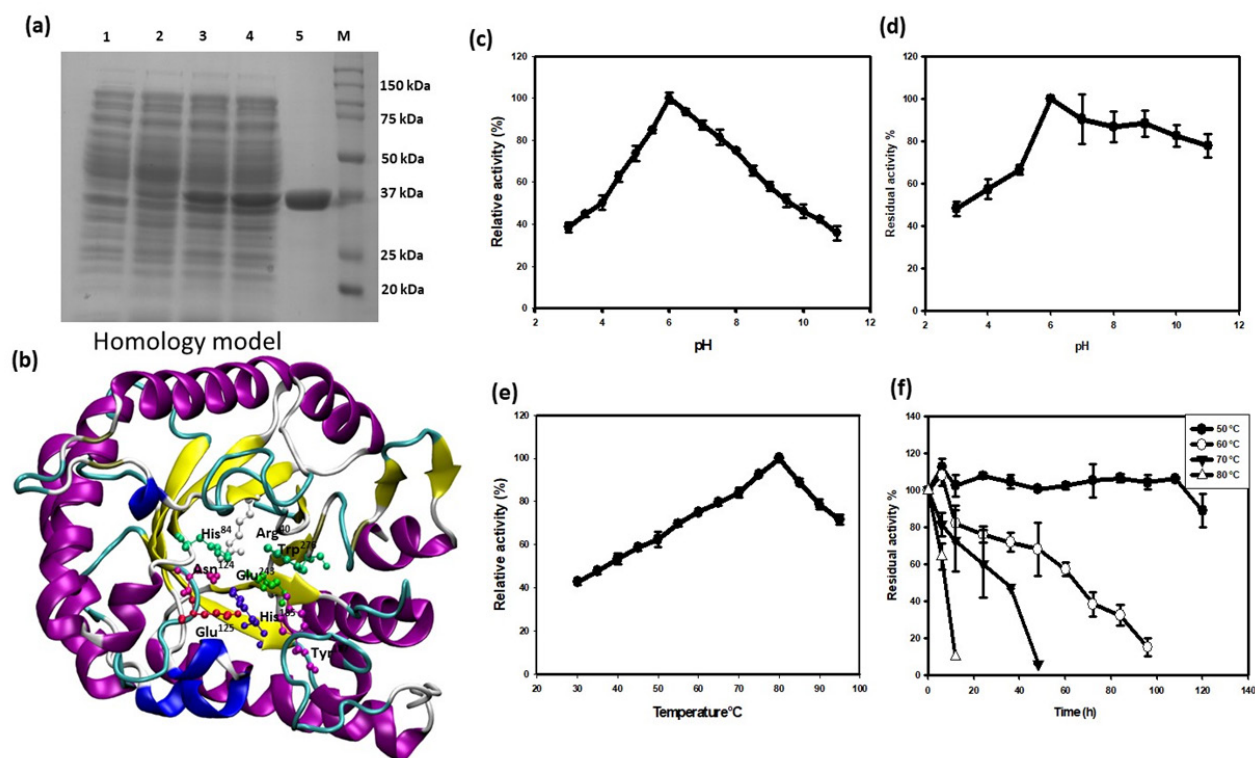


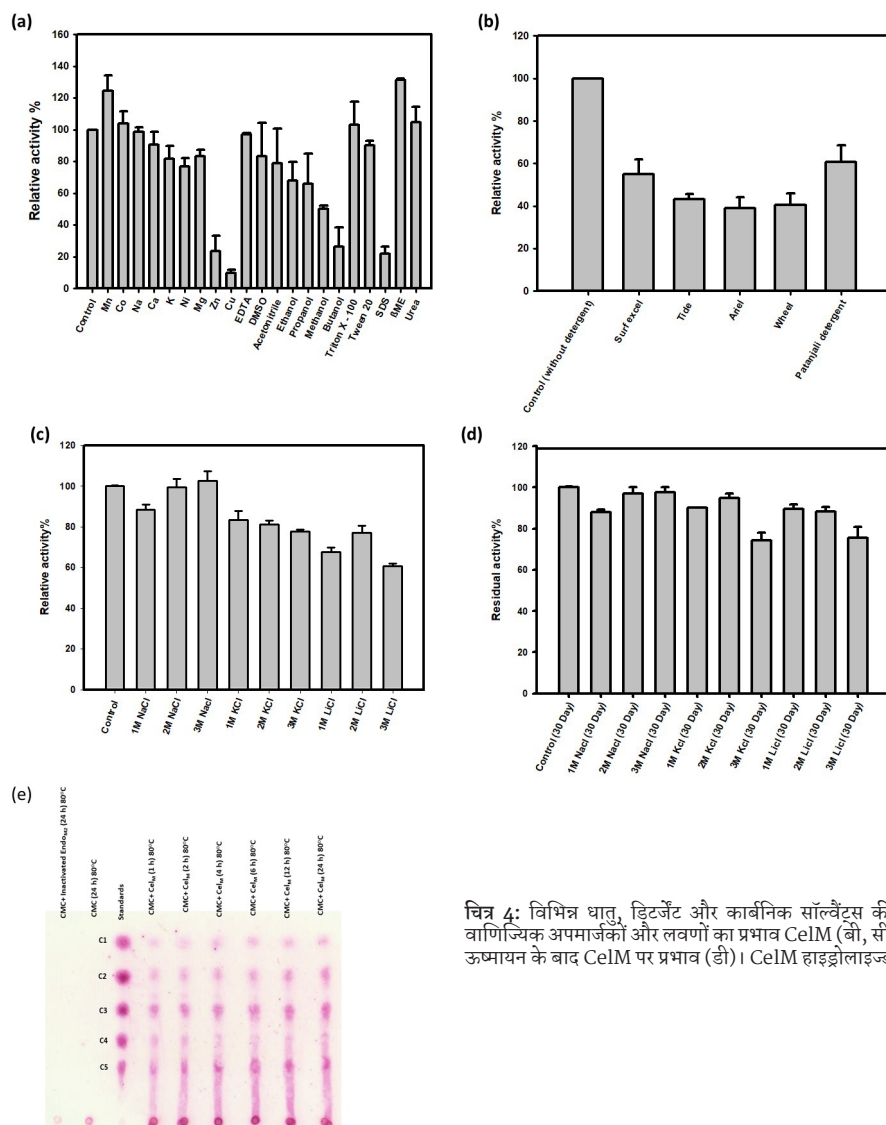
Figure 3. The SDS-PAGE analysis of CelM protein (a) and its homology model (b). Effects of pH on CelM's activity (c) and stability (d). Effect of temperature on CelM's activity (e) and stability (f).

gradation and precipitation of resistant starch (Figure 2). The yield of type III resistant starch from starch was estimated to be about 45%. The type III resistant starch was characterized by analytical techniques that confirmed increased crystallinity and heat stability of type III resistant starch as compared to the native potato starch. Further, resistant starch showed resistance to enzymatic digestion.

A novel thermo-halo-tolerant endoglucanase for cellulose hydrolysis: Cellulose is an abundant renewable biomass on this planet. It constitutes a long chain of D-glucose monomeric units linked by β -1,4-glycosidic bonds. An efficient and low cost process is required to meet the demand of cellulose bio-processing. Endoglucanase is an important enzyme required for bioprocessing of cellulose. It hydrolyzes cellulose, releasing cello-oligosaccharides. These are known for cellulose degradation in various industrial processes. Many endoglucanases have been reported in the literature, however, there is an increasing demand for efficient and robust enzyme for biomass processing activities. We have investigated extreme temperature thermal spring for identification and characterization of a novel thermo-halo-tolerant endoglucanase.

The metagenomic data recourse generated from an extreme temperature aquatic habitat was mined for identification of a novel gene encoding GH5 endoglucanase (CelM) endoglucanase. The gene

did not show identity with any of the DNA sequences available in public nucleotide database (NCBI NR). Further, CelM exhibited 62% of maximum identity with a GH5 endoglucanase (HEY64700) at protein level from *Caldilineae bacterium*. The gene was expressed in a heterologous host, and the protein was purified and biochemically characterized by using Na-CMC as substrate. The CelM exhibited an optimum pH of 6.0 and showed maximum activity at 80°C (fig. 1b and 1c). CelM had a wide range of pH and temperature stability. It recorded 48% of residual activity at pH 3 and 77% at pH 11. Also, it retained nearly 100% activity at 50°C for 110 h. CelM exhibited a half-life of 65 h at 60°C and 8 h at 80°C (Figure 3). The catalytic activity of CelM was observed to be enhanced by 10% to 30% in the presence of 1mM Mn and Co. As EDTA did not show any effect on the activity, CelM is categorized as a metal independent enzyme. Additionally, it showed high tolerance towards organic solvents except for butanol. CelM exhibited about 50% of its relative activity in the presence of several commercial detergents and retaining high detergent tolerance (Figure 4). CelM exhibited an incredible salt tolerance, retaining about 100% of its activity in the presence of 3 M NaCl and KCl for 30 days (Figure 4). However, it showed a loss of 20% activity when incubated with 3 M LiCl. Further, the hydrolysis of Na-CMC also resulted in formation of cello-oligosaccharides with a degree of polymerization ranging from 2-5. By conducting HPLC analysis, it was depicted that



चित्र 4: विभिन्न धातु, डिटेजेंट और कार्बनिक सॉल्वेंट्स की उपस्थिति में CeLM की गतिविधि प्रोफाइल (एं।) वाणिज्यिक अपमाजकों और लवणों का प्रभाव CeLM (बो, सी) की गतिविधि पर। सेलाइन के तहत 30 दिनों के लिए ऊष्मायन के बाद CeLM पर प्रभाव (डी)। CeLM हाइड्रोलाइड अनाकार सेलोलोज का TLC (e)।

mg mL⁻¹ सेलोट्रियोज का उत्पादन किया गया।

बढ़ी हुई थर्मोस्टेबिलिटी और ग्लूकोज तथा इथेनॉल के प्रति सहनशीलता के साथ एक नए β -ग्लूकोसिडेज की विशेषता: β -ग्लूकोसिडेज ग्लाइकोसाइड हाइड्रोलाइजिंग एंजाइम है जो एल्काइल- और एरिल-ग्लाइकोसाइड में β -1,4-ग्लाइकोसिडिक बंधन को तोड़ते हैं। β -ग्लूकोसिडेज प्रमुख रूप से GH1 और GH3 CAZy परिवारों में वर्गीकृत हैं। सेल्युलोलिक बायोमास के जैव प्रसंस्करण में β -ग्लूकोसिडेज सेल्युलोज को हाइड्रोलाइज्ड, यानी ग्लूकोज के अंतिम उत्पाद को विनियमित करके एक दर सीमित एंजाइम के रूप में कार्य करता है। औद्योगिक प्रसंस्करण में अक्सर ग्लूकोज द्वारा β -ग्लूकोसिडेज की क्रिया को रोका गया है। बहुत थर्मोस्टेबल β -ग्लूकोसिडेज, ग्लूकोज की उपस्थिति में गतिविधि में कमी दिखाते हैं, जबकि, कई ग्लूकोज सहिष्णु बीटा-ग्लूकोसिडेज थर्मोलैबाइल हैं। इसलिए, बायोमास के औद्योगिक बायोप्रोसेसिंग में उच्च ग्लूकोज सहिष्णुता वाले थर्मोस्टेबल β -ग्लूकोसिडेज की मांग होती है। बेहतर β -ग्लूकोसिडेज की पहचान के लिए अत्यधिक तापमान थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम का पता लगाया गया। उसमें से एक नए β -ग्लूकोसिडेज पाया जिसका ऊंचा थर्मल स्थिरता

और ग्लूकोज सहिष्णुता पाई गई।

एक अत्यधिक तापमान मेटाजीनोमिक संसाधन का खनन एक नए GH1 β -ग्लूकोसिडेज (BgIM) के लिए किया गया। जीन bgIM के अनुक्रम को NCBI-NR न्यूक्लियोटाइड डेटाबेस के विरुद्ध क्वेरी किया गया था। लेकिन कोई अनुक्रम समान नहीं दिखा। एनसीबीआई-एनआर प्रोटीन डेटाबेस के साथ एलाइनमेंट के परिणामस्वरूप अधिकतम पहचान का 63% प्राप्त हुआ लेप्टोनेमा इलिनी के एक अप्राप्य प्रोटीन से (KAB2935167.1)। जीन को एक विषम अभिव्यक्ति मेजबान में क्लोन और व्यक्त किया गया था। शुद्ध प्रोटीन (BgIM) की विशेषता पीएनपीजी को सबस्ट्रेट के रूप में उपयोग करके दी गई थी। BgIM ने 60°C-70°C और 5.0 pH पर इष्टतम प्रतिक्रिया का प्रदर्शन किया (चित्र 5)। BgIM ने 50 डिग्री सेल्सियस पर 40 h के लिए ऊष्मायन के बाद 80% अवशिष्ट गतिविधि को बनाए रखते हुए एक उच्च तापमान स्थिरता दिखाई। इसने 60 डिग्री सेल्सियस पर 30 घंटे का आधा जीवन प्रदर्शित किया (चित्र 5)। BgIM ने 5-7 पीएच रेंज पर लगभग 80% गतिविधि को बरकरार रखा है, जो कि महत्वपूर्ण पीएच स्थिरता को प्रकट करता है (चित्र 5)। विभिन्न धातु की उपस्थिति में BgIM की गतिविधि का विश्लेषण किया गया। चूंकि, EDTA ने BgIM

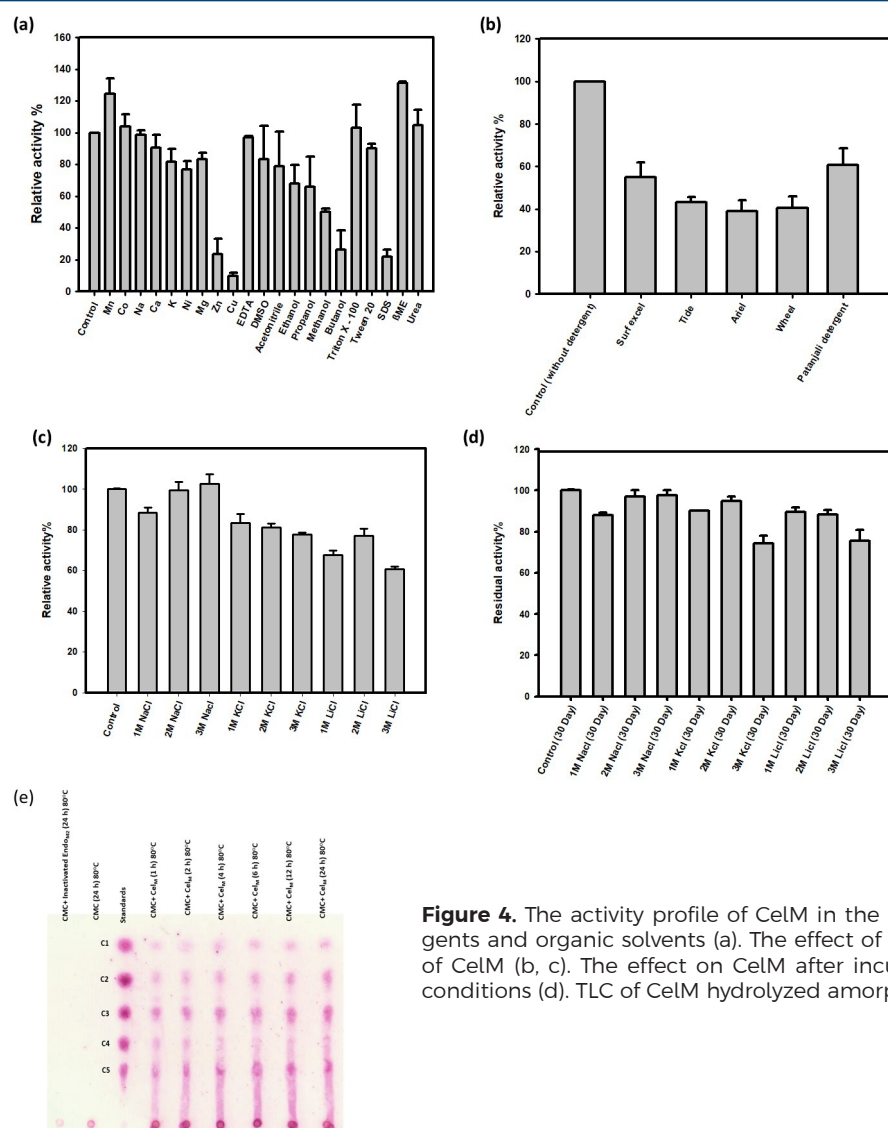


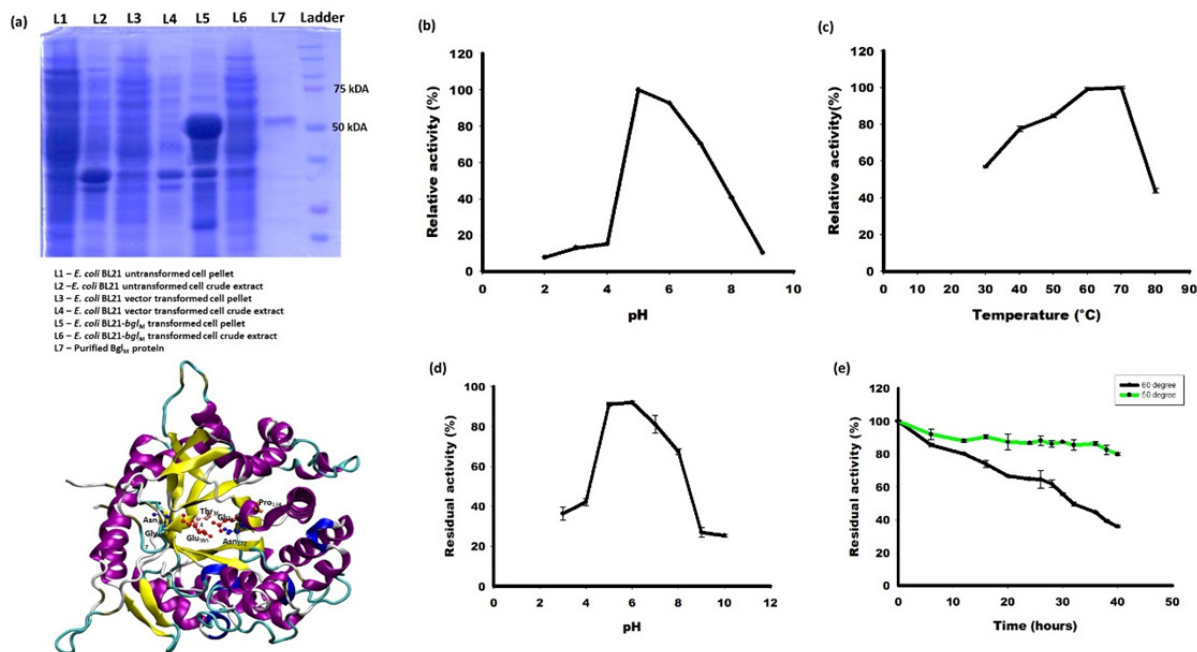
Figure 4. The activity profile of CelM in the presence of various metal, detergents and organic solvents (a). The effect of commercial detergents and salts of CelM (b, c). The effect on CelM after incubation for 30 days under saline conditions (d). TLC of CelM hydrolyzed amorphous cellulose (e).

after 24 h of hydrolytic reaction by CelM, 1.33 mgmL⁻¹ and 0.945 mgmL⁻¹ of cellobiose and cellotriose were produced from 10 mgmL⁻¹ of substrate (CMC).

Characterization of a novel β -glucosidase with increased thermostability and tolerance to glucose and ethanol: β -glucosidases are glycoside hydrolyzing enzymes that cleave β -1,4-glycosidic bond in alkyl- and aryl-glycosides. β -glucosidases are majorly classified into GH1 and GH3 CAZy families. In the bioprocessing of cellulosic biomass, β -glucosidase acts as a rate limiting enzyme by regulating the final product of the hydrolyzed cellulose, i.e., glucose. In industrial processing, often glucose inhibits the action of β -glucosidase. Many thermostable β -glucosidases show activity reduction in the presence of glucose, whereas, many glucose tolerant β -glucosidases are thermostable. Therefore, industrial bioprocessing of biomass demands for a thermostable β -glucosidase with high glucose tolerance. The extreme temperature thermal spring metagenome

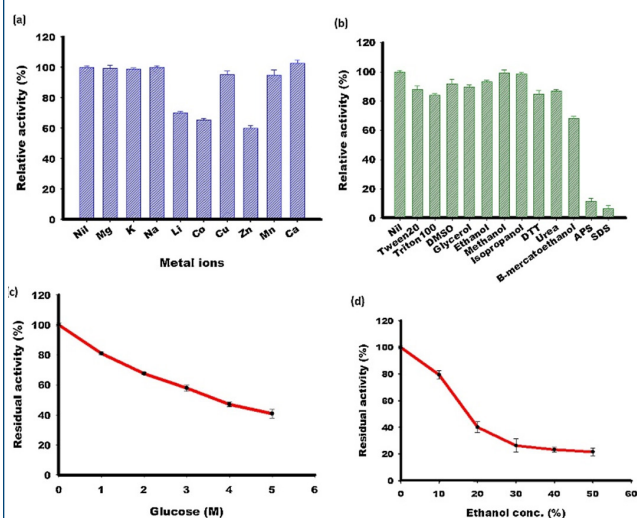
was explored for identification of a novel β -glucosidase with elevated thermal stability and glucose tolerance.

An extreme temperature metagenomic resource was mined for a novel GH1 β -glucosidase (BglM). The gene sequence of bglM was queried against NCBI-NR nucleotide database, but it did not show any identical sequence. The alignment against NCBI-NR protein database resulted in 63% of maximum identity with an uncharacterized protein from *Leptonema illini* (KAB2935167.1). The gene was cloned and expressed in a heterologous expression host. The protein (BglM) was purified and characterized by using PNPg as substrate. The BglM exhibited an optimum reaction conditions at temperature of 60°C–70°C and 5 pH (Figure 5). BglM showed a high temperature stability retaining 80% of residual activity after incubation for 40 h at 50°C. It exhibited a half-life of 30 h at 60°C (Figure 5). BglM retained nearly 80% activity at a pH range of 5–7 pH revealing significant pH stability (Figure 5). The activity of BglM was analysed in the presence of various



चित्र 5: BglIM का एसडीएस-पेज विश्लेषण (ए)। BglIM की गतिविधि पर pH का प्रभाव (बी)। BglIM की गतिविधि पर तापमान का प्रभाव (सी)। BglIM की पीएच और थर्मोस्टेबिलिटी (डी, ई)।

की उत्प्रेरक क्षमता पर कोई प्रभाव नहीं दिखाया, इसलिए, इसे धातु स्वतंत्र एंजाइम माना गया। कार्बनिक सॉल्वेंट्स के प्रभाव का अध्ययन किया गया और यह निष्कर्ष निकाला गया कि केवल एसडीएस और एपीएस ने BglIM की गतिविधि पर अत्यधिक नकारात्मक प्रभाव दिखाया (चित्र 6)।



चित्र 6: BglIM की गतिविधि प्रोफाइल धातु आयन (ए), रसायन और कार्बनिक सॉल्वेंट्स (बी), ग्लूकोज (सी), और इथेनॉल (डी) की उपस्थिति में।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ बैसिलस एसपी. का एक नवीन डी-एलुलोज 3-एपिमेरेज का जैव रासायनिक रूप से चित्रित किया गया है डी-एलुलोज के उत्पादन के लिए। प्रोफ्यूज के साथ एंजाइम गर्मी-स्थिरता और हाई टर्नओवर संख्या औद्योगिक के लिए एक बहुत ही आशाजनक जैव उत्प्रेरक है डी-एलुलोज के उत्पादन के लिए।
- ◆ एक नवीन प्रकार I पुलुलानेज को जैव रासायनिक रूप से स्टार्च की डीब्रांचिंग के लिए चित्रित किया गया है, इसके बाद प्रतिरोधी स्टार्च प्रकार III संश्लेषित किया गया है।
- ◆ सेल्युलोज हाइड्रोलिसिस के लिए एक नवीन एंडोग्लुकेनेज को जैव रासायनिक रूप से विशेषता दी गई है। काफी थर्मोस्टेबिलिटी और हेलो-टॉलरेंस के साथ, यह सेल्युलोलिसिक बायोमास प्रसंस्करण अनुप्रयोग के लिए एक संभावित बायोकेटलिस्ट है।
- ◆ एक ग्लूकोज और इथेनॉल सहिष्णुता वाले नवीन थर्मोटोलरेट β -ग्लूकोसिडेज की विशेषता देखी गई है। इसमें सेलोबायोज, सेलो ओलिगोसेकेराइड्स, लैक्टोज और एरिल-ग्लाइकोसाइड अणु को हाइड्रोलाइज करने की कैटलिटिक क्षमता है। यह एक संभावित जैव उत्प्रेरक के रूप में सेल्युलेस कॉकटेल में, सोया और वाइन उत्पादों में एंटी-पोषक तत्व ग्लाइकोसिडिक अग्रगामी रूपांतरित के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।

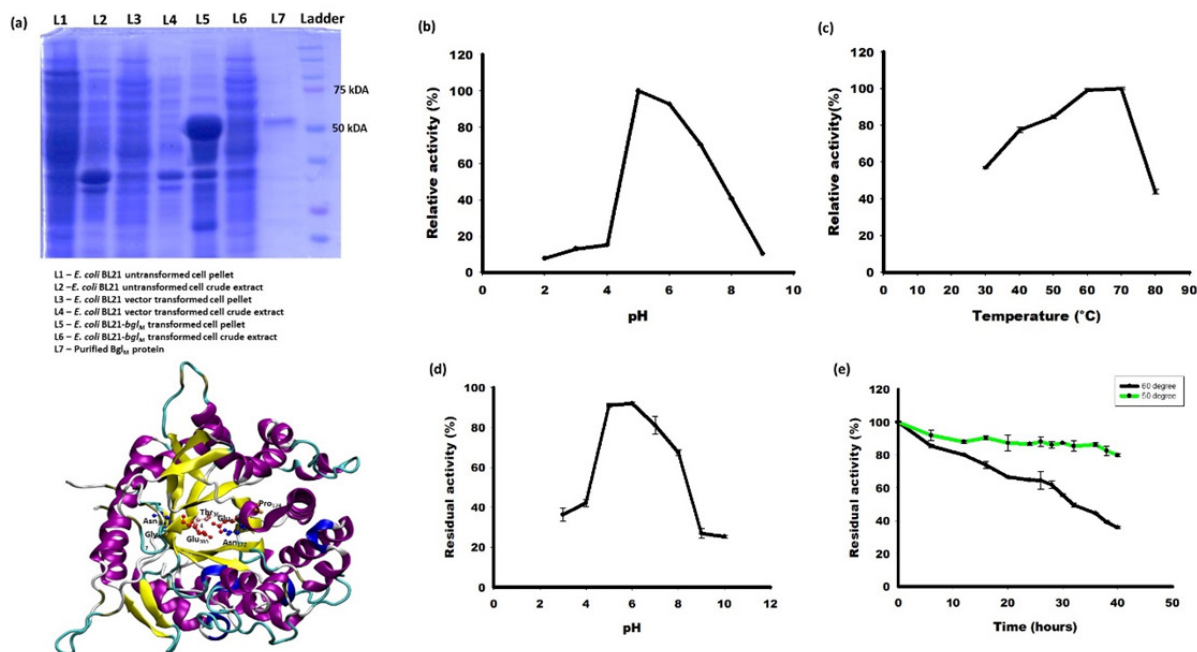


Figure 5. SDS-PAGE analysis of BgIM and its homology model (a). The effect of pH on the activity of BgIM (b). Effect of temperature on the activity of BgIM (c). pH and thermal stability profiles of BgIM (d,e).

metals. Since, EDTA did not show any effect on catalytic potential of BgIM, therefore, it was considered to be metal independent enzyme. Further the effect of organic solvents was studied and it was concluded that only SDS and APS showed a drastic negative effect on the activity of BgIM (Figure 6).

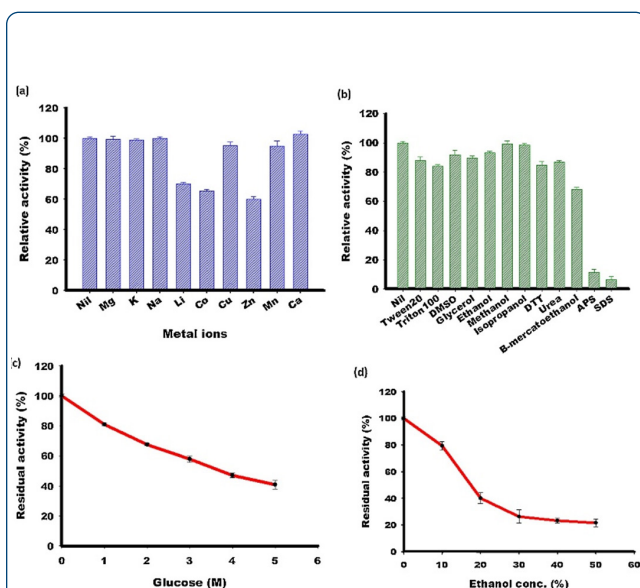


Figure 6. The activity profile of BgIM in the presence of metal ions (a), chemicals and organic solvents (b), glucose (c), and ethanol (d).

Salient Achievements

- ◆ A novel D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp. has been biochemically characterized for D-allulose production. The enzyme with profuse heat-stability and high turnover number is a very promising biocatalyst for industrial production of D-allulose.
- ◆ A novel type I pullulanase has been biochemically characterized for debranching of starch, followed by synthesis of resistant starch type III.
- ◆ A novel endoglucanase has been biochemically characterized for cellulose hydrolysis. With considerable thermostability and halo-tolerance, it is a potential biocatalyst for cellulosic biomass processing applications.
- ◆ A novel thermotolerant β -glucosidase has been characterized that exhibit considerable glucose and ethanol tolerance. It has catalytic potential to hydrolyze cellobiose, cello-oligosaccharides, lactose, and aryl-glycoside molecules. It is as a potential biocatalyst to be used in cellulase cocktails and for transforming the anti-nutrient glycosidic precursors in soya and wine products.

फूड इंजीनियरिंग एंड नुट्रिशन



डॉ. मीना कृष्णिया चौधरी

अनुसंधान और नवाचार प्रणाली विश्लेषक

रिसर्च फेल्लो

रिसर्च फेल्लो, सौम्या सिंह
विभू मिश्रा, दलवीर कौर
पृथ्वीविश कोला

विशेषज्ञता

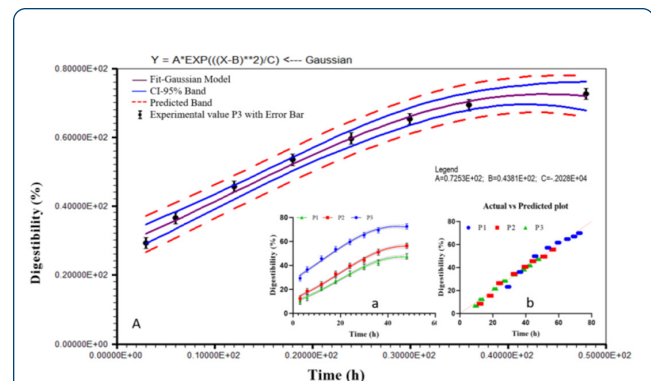
केमिकल इंजीनियरिंग, फूड बायोप्रोसेसिंग, बायोमास का मूल्यांकन, किण्वन, डाउनस्ट्रीम प्रोसेसिंग

विश्व स्तर पर, ~1.3 बिलियन टन कृषि-खाद्य उप-उत्पादों का अपशिष्ट के रूप में उत्पादन किया जाता है। इन उप-उत्पादों का उपचार और निपटान भी खाद्य प्रसंस्करण उद्योग के लिए एक समस्या है। व्यवसाय में उपचार सुविधाओं और अपशिष्ट प्रबंधन प्रणालियों पर अत्यधिक बोझ के परिणामस्वरूप, खाद्य उप-उत्पादों की एक बड़ी मात्रा जो अन्यथा पोषक तत्वों से भरपूर कच्चे माल के रूप में उपयोग की जा सकती थी, जो बर्बाद हो जाती है। कुपोषण पोषक तत्वों की कमी वाले आहार के कारण होता है, जो विशेष रूप से गरीब और अविकसित देशों में प्रचलित है। कुपोषण को कम करने की एक तकनीक वैकल्पिक स्रोतों से पूरक पोषक तत्वों को शामिल करना है, जैसे कि खाद्य प्रसंस्करण उप-उत्पाद, जिसमें कार्ब्स, प्रोटीन, लिपिड और खनिज होते हैं और जिन्हें विभिन्न प्रकार के मूल्य वर्धित उत्पादों में बदला जा सकता है। इसलिए, किन्नू जैसे खाद्य उद्योग के उप-उत्पादों से मकई ग्लूटेन भोजन, मट्ठा, और फाइबर स्रोतों जैसे कृषि-खाद्य उद्योग के पोषक स्रोतों को शामिल करके उच्च-प्रोटीन, उच्च-फाइबर, उच्च-एंटीऑक्सिडेंट और उच्च-खनिज विकल्प विकसित करना लुगदी अवशेष, सेब पोमेस, मकई फाइबर, और आम बीज कर्नेल महत्वपूर्ण है। यह बच्चों में कुपोषण और वयस्कों में चयापचय संबंधी मुद्दों की रोकथाम में मदद कर सकता है। चावल का भूसा एक और व्यापक रूप से उपलब्ध लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास है जिसका उपयोग xylitol, एक खाद्य-ग्रेड कार्यात्मक अणु बनाने के लिए किया जा सकता है। अपने कम ग्लाइसेमिक इंडेक्स के कारण, xylitol एक प्राकृतिक स्वीटनर है जो कैलोरी में कम है और मधुमेह रोगियों के लिए सुरक्षित है। इसमें प्रीबायोटिक क्षमता, साथ ही आंतों के स्वास्थ्य, हड्डियों के चयापचय और दांतों की सड़न की रोकथाम का समर्थन करने की क्षमता दिखाई गई है। इसलिए, मूल्यवान खाद्य उत्पादों के उत्पादन के लिए बचे हुए खाद्य पदार्थों का उपयोग न केवल

कृषि-औद्योगिक कचरे के मूल्य निर्धारण के लिए एक प्रभावी दृष्टिकोण प्रदान करता है, बल्कि पोषक तत्वों की कमी और इसके कारण होने वाली बीमारियों के उद्भव से निपटने के लिए पोषक तत्वों से भरपूर उत्पाद बनाने का एक तरीका भी है। इसकी संयंत्र-आधारित उत्पत्ति, लागत-प्रभावशीलता और उच्च पोषण मूल्य के कारण, इस हस्तक्षेप की अधिकांश विपणन और उपभोक्ताओं द्वारा गले लगाने की अच्छी संभावना है।

उच्च मूल्य वाले खाद्य उत्पादों के लिए प्राथमिक प्रसंस्करण अपशिष्टों का मूल्यांकन: कॉर्न ग्लूटेन मील (CGM) कॉर्न स्टार्च प्रसंस्करण उद्योग का एक उप-उत्पाद है, जिसमें > 60% (w/w) प्रोटीन सामग्री होती है। लेकिन, Lys और Trp जैसे अमीनो एसिड की कमी इसकी कम अमीनो एसिड प्रोफाइल के लिए जिम्मेदार है, जो खाद्य उद्योग में इसकी विशाल क्षमता को बहुत बाधित करती है। मट्ठा (डेयरी उद्योग के उप-उत्पाद) के साथ सीजीएम को हाइड्रोलाइज करना इसे और अधिक मूल्यवान बनाता है। व्हे दूध से पनीर/कैसिन बनाने की प्रक्रिया का एक उप-उत्पाद है और यह टीआरपी, 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-ऑक्सीडेंटिव क्षमता, पायसीकारी और फोमिंग क्षमता, कट्टरपंथी मैला देने की गतिविधि जैसे बेहतर कार्यात्मक गुण हैं।

आधुनिक अध्ययन कॉर्न ग्लूटेन मील (सीजीएम) से प्रोटीन पूरक तैयार करने के लिए एक दर्जी निर्मित संयोजन विधि का प्रतिनिधित्व करता है। लाइसिन में समृद्ध करने के लिए एंजाइमेटिक हाइड्रोलिसिस के माध्यम से गंधहरण के लिए हरे विलायक (लिमोनेन) का उपयोग सीजीएम समस्याओं को हल करने के लिए किया जाता है, जिसमें इसकी बंद भी शामिल है। -सुगंध और लाइसिन की अनुपस्थिति। 25% लिमोनेन ने अध्ययन किए गए अन्य सॉल्वेंट्स की तुलना में कैरोटेनॉयड डिग्रेडेशन के कारण बनने वाली गंध को हटाकर और / या मास्क करके अधिकतम दुर्गन्ध क्षमता का प्रदर्शन किया। विभिन्न प्रोटीज एंजाइम स्रोतों द्वारा गंधहीन सीजीएम का प्रोटियोलिसिस, परिणामी हाइड्रोलाइजेट के मध्यम और अमीनो एसिड प्रोफाइल के रूप में तरल मट्ठा का उपयोग करके सीजीएम पाचनशक्ति के लिए परीक्षण किया गया था। हाइड्रोलिसिस की उच्चतम डिग्री यानी



चित्र 1: (ए) P3 द्वारा समय के साथ मकई लस भोजन पाचनशक्ति के लिए गाऊसी मॉडल द्वारा विश्लेषण काइनेटिक पैरामीटर (एंजाइम सांद्र। (ईओ) ≥ 500 यू/जी, टी = 50 डिग्री सेल्सियस, पीएच = 10) (ए) गाऊसी वक्र P1, P2, P3 और (ब) मॉडल भविष्यवाणियों और वास्तविक मूल्य प्रक्षेपण के साथ फिटिंग (समय के संबंध में एंजाइम P1, P2, P3 द्वारा CGM पाचनशक्ति की तुलना में गाऊसी मॉडल की अनुमानित साजिश)।

FOOD ENGINEERING & NUTRITION



Dr. Meena Krishania

Research & Innovation-System Analyst

Research Fellows

Saumya Singh
Vibhu Mishra
Dalveer Kaur
Prithwish Kola

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

Globally, ~1.3 billion tons of agri-food by-products as waste are produced. The treatment and disposal of these by-products is also a problem for the food processing industry. As a result of the excessive burden on treatment facilities and waste management systems in the business, a large volume of food by-products that could have otherwise been utilized as a nutrient-rich raw material which is squandered. Malnutrition is caused by a nutrient-deficient diet, which is especially prevalent in poor and underdeveloped countries. One technique for reducing malnutrition is to include supplementary nutrients from alternative sources, such as food processing by-products, which contain carbs, proteins, lipids, and minerals and can be turned into a variety of value-added products. Therefore, developing high-protein, high-fiber, high-antioxidant, and high-mineral substitutes by incorporating nutrient sources from agri-food industry by-products like corn gluten meal, whey, and fiber sources from food industry by-products like kinnow pulp residue, apple pomace, corn fiber, and mango seed kernel is critical. This may aid in the prevention of malnutrition in children and metabolic issues in adults. Rice straw is another widely available lignocellulosic biomass that can be used to make xylitol, a food-grade functional molecule. Because of its low glycemic index, xylitol is a natural sweetener that is low in calories and safe for diabetics. It has been shown to have prebiotic potential, as well as the ability to support intestinal health, bone metabolism, and tooth decay prevention. So, utilizing food leftovers for the production of value edible prod-

ucts not only provides an effective approach to valorize agro-industrial wastes, but also a way to manufacture a nutritionally rich product to combat nutritional deficiencies and the emergence of diseases caused by it. Due to its plant-based origin, cost-effectiveness, and high nutritional value, this intervention has a good probability of being embraced by most marketers and consumers.

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

The modern study represents a tailor made combinatorial method to prepare protein complement from Corn Gluten Meal (CGM). The green solvent (limonene) for deodorization accompanied by means of enzymatic hydrolysis for enriching in lysine became used to solve CGM problems, inclusive of its off-scent and absence of lysine. 25% limonene exhibited the maximum deodorizing capacity by removing and/or masking the smell formed due to carotenoid degradation as compared to other solvents studied. Proteolysis of deodorized CGM by different protease enzyme sources, were tested for CGM digestibility using liquid whey as medium and amino acid profile of the resultant hydrolysate. Highest degree of hydrolysis i.e. 65.05 %

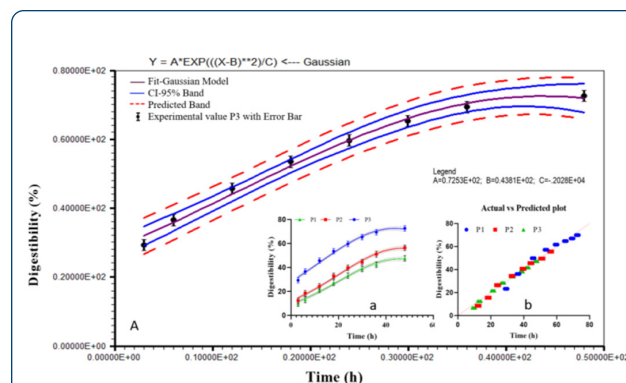
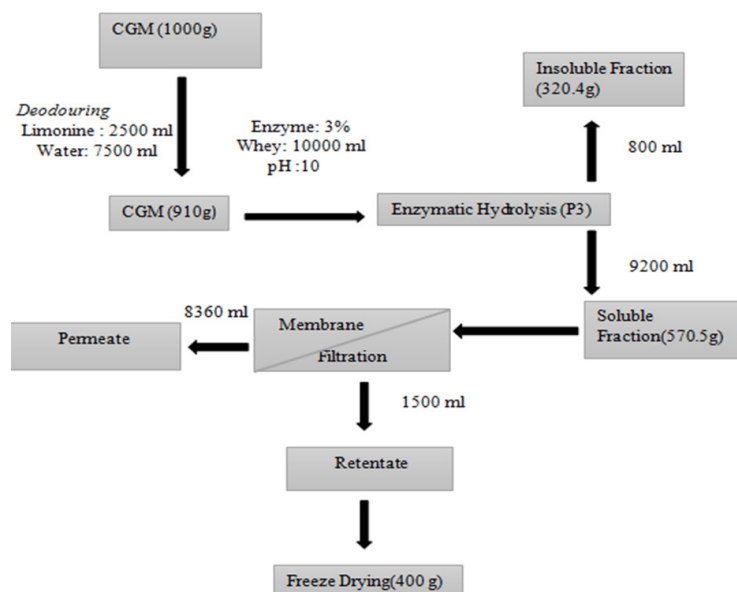


Figure 1. (A) Kinetic parameters analyzed by Gaussian model for corn gluten meal digestibility with time by P3 (Enzyme conc.(Eo) \geq 500 U /g, T=50°C, pH = 10)(a) Gaussian curve fitting with P1, P2, P3 and (b) Model predictions and Actual value projection (the predicted plot of Gaussian model compared with CGM digestibility by enzymes P1, P2, P3 with respect to time).



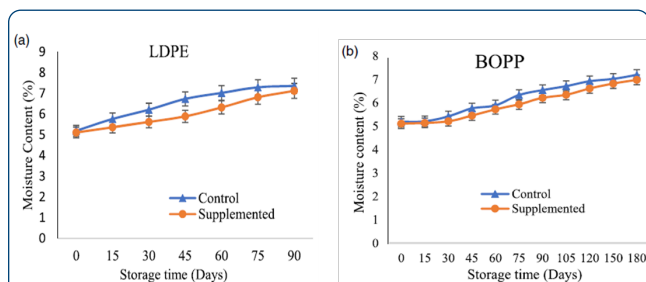
चित्र 2: मकई प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट तैयार करने के लिए स्केल-अप प्रक्रिया का द्रव्यमान संतुलन।

65.05% (w/w) को एस्पेरगिलस ओरीजेलांग से क्षारीय प्रोटीज के साथ प्राप्त किया गया था। लाइसिन (3.89% w/v) और ट्रिप्टोफैन (2.36% w/v) इष्टतम स्थितियों में। सीजीएम पाचनशक्ति पर गाऊसी मॉडल द्वारा अध्ययन किए गए काइनेटिक मॉडलिंग, यह देखा गया कि एंजाइम हाइड्रोलिसिस के लिए गाऊसी मॉडल में सभी तीन एंजाइम अच्छी तरह से फिट होते हैं। सभी तीन एंजाइमेटिक हाइड्रोलिसिस ने 0.9 से अधिक के उच्च प्रतिगमन (आर 2) मूल्यों को दिखाया, जो कि तीनों हाइड्रोलिसिस पैटर्न के लिए प्रयोगों और फिट किए गए मॉडल के बीच एक अच्छा समझौता दिखा रहा है जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। इसके अलावा, स्पर्शरेखा प्रवाह निस्पंदन (TFF) द्वारा शुद्ध CGM हाइड्रोलाइजेट और 37 kDa तक के आकार के पेप्टाइड्स को क्षारीय प्रोटीनोलिसिस का उपयोग करके उत्पादित किया गया था। शुद्ध पेप्टाइड्स के संयोजन में एक उच्च इन-विट्रो एंटीऑक्सीडेंट गतिविधि होती है। सीजीएम हाइड्रोलाइजेट में उच्च राख सामग्री (5.8%) होती है जो वाणिज्यिक मट्ठा प्रोटीन की तुलना में अधिक खनिज, कम वसा और चीनी सामग्री का संकेत देती है, जो खनिजों की उच्च उपस्थिति का संकेत देती है। स्केलड अप प्रक्रिया का अध्ययन किया गया जिसमें डी-ओडोरिंग, हाइड्रोलाइजेट उत्पादन और इसका द्रव्यमान संतुलन शामिल है, इसके बाद शुद्धिकरण होता है। जबकि, लिमोनेन के 25% (v/v) का उपयोग करके 1000 ग्राम CGM को गंधहीन किया गया था (चित्र 2)। परिणामों ने प्रदर्शित किया कि सीजीएम 60% तक हाइड्रोलाइज्ड हो गया जब 30% पी3 के साथ 55 डिग्री सेल्सियस पर ऊष्मायन के 30 घंटे के लिए इलाज किया गया। पूरी प्रक्रिया के स्केल-अप और लागत विश्लेषण का मूल्यांकन किया गया था और यह पता चला था कि विकसित उत्पाद स्केलेबल है और हो सकता है प्रोटीन की खुराक के रूप में विपणन।

2. एंजाइम संसाधित किनू लुगदी अवशेषों के साथ पूरक पोषण सेवई के शेल्फ जीवन पर पैकेजिंग सामग्री का प्रभाव: खाद्य उद्योग के कचरे में उच्च मात्रा में पोषक तत्व और खनिज और फाइबर सामग्री होती है, लेकिन

विशेष रूप से साइट्रस उप-उत्पादों में कड़वाहट पैदा करने वाले यौगिकों के कारण, इनका उपयोग सीधे स्वस्थ एक्सट्रैक्ट उत्पादों की तैयारी में नहीं किया जा सकता है। किनू जूस उद्योग के उप-उत्पादों का एंजाइम डेबिटिंग किया गया और फिर सेवई में पूरक किया गया। विभिन्न पैकेजिंग सामग्री में पूरक एक्सट्रैक्ट उत्पाद की भंडारण स्थिरता पर अध्ययन केंद्रित किया गया है। किनू के गूदे के अवशेष एंजाइम का पूरक सेवई की एंटीऑक्सीडेंट गतिविधि और आहार फाइबर सामग्री को बढ़ाने के अलावा उपोत्पाद के मूल्यवर्धन को बढ़ा सकता है। इसके अलावा, बीओपीपी में एलडीपीई पाउच की तुलना में उनके भौतिक रासायनिक और संवेदी गुणों पर प्रतिकूल प्रभाव डाले बिना वाणिज्यिक पैकेजिंग की क्षमता है।

पैकेजिंग सामग्री खाद्य उत्पादों के शेल्फ जीवन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। वर्तमान अध्ययन पैकेजिंग सामग्री-कम घनत्व पॉलीथीन (एलडीपीई) पाउच और द्वि-अक्षीय रूप से उन्मुख पॉलीप्रोपाइलीन (बीओपीपी) पाउच के प्रभाव का अध्ययन करने पर केंद्रित है, जो भंडारण



चित्र 3: (ए, बी) भंडारण के दौरान एलडीपीई और बीओपीपी पाउच में नियंत्रण और एंजाइम-उपचारित लुगदी अवशेष-पूरक सेवई की नमी में परिवर्तन। नियंत्रण, मैदा सेवई; पूरक, एंजाइम डेबिटकिनू लुगदी अवशेष-पूरक सेवई

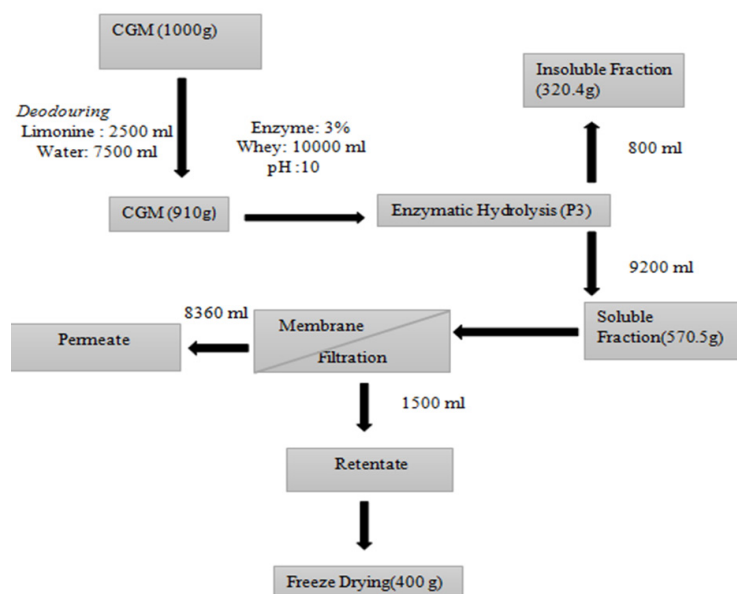


Figure 2. (a) The schematic diagram for the development of the LNSR using lignin and its different applications. (b) Visual observation of stability of the LNSR at various pH conditions. (c) Stability study of the LNSR in terms of size, polydispersity index and zeta-potential.

(w/w) was achieved with alkaline protease from *Aspergillus oryzae* along with good lysine (3.89 % w/v) and tryptophan (2.36 % w/v) at optimal conditions. Kinetic modelling studied by Gaussian model on CGM digestibility, it was observed that all the three enzymes fit well in the Gaussian model for enzyme hydrolysis. All the three enzymatic hydrolysis showed high regression (R^2) values of more than 0.9 showing a good agreement between the experiments and the fitted model for all three hydrolysis patterns as shown in Fig. 1. Further, CGM hydrolysate purified by tangential flow filtration (TFF) and the peptides of size upto 37 kDa were produced using alkaline proteolysis. The combination of purified peptides possessed a high in-vitro antioxidant activity. CGM hydrolysate contained higher ash content (5.8 %) indicating greater mineral, less fat and sugar content in comparison to commercial whey protein, indicating a high presence of minerals. Studied the scaled up process comprises de-odouring, hydrolysate production and its mass balancing, followed by purification. Whereas, 1000 g CGM was de-odoured using 25% (v/v) of limonene (Fig. 2). Results exhibited that CGM hydrolyzed up to 60 % when treated with 3 % P3 for 30 h of incubation at 55°C. The scale-up and cost analysis of the whole process was evaluated and it was revealed that the developed product is scalable and can be marketed as protein supplements.

2. Effect of packaging materials on the shelf-life of nutritional vermicelli supplemented with enzyme processed kinnow pulp residue: Food industry waste consists of high amount of nutrients and minerals and fiber content, but due to bitterness causing compounds especially in citrus by-products, these cannot be used directly in preparation of healthy extruded

products. Enzyme debittering of kinnow juice industry byproducts was carried out and then supplemented into vermicelli. Study has been focused upon the storage stability of the supplemented extruded product in different packaging materials. The supplementation of enzyme debittered kinnow pulp residue can enhance the antioxidant activity and dietary fiber content of vermicelli besides value addition of the byproduct. Furthermore, BOPP has potential for commercial packaging without adversely affecting their physiochemical and sensory properties as compared to LDPE pouches.

Packaging material plays an important part in the shelf-life of food products. The present study has been focused on studying the effect of packaging materials-low density polyethylene (LDPE) pouch and bi-axially oriented polypropylene (BOPP) pouch on the quality of vermicelli produced by supplementation of debittered kinnow pulp residue with storage time. 15%

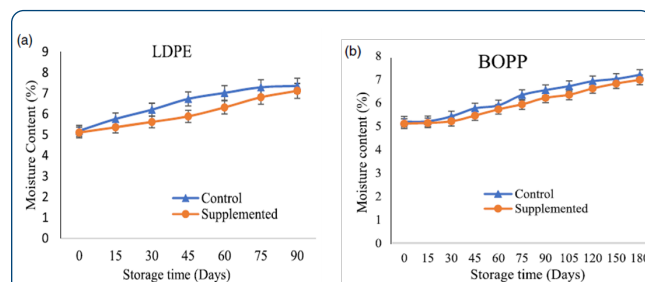
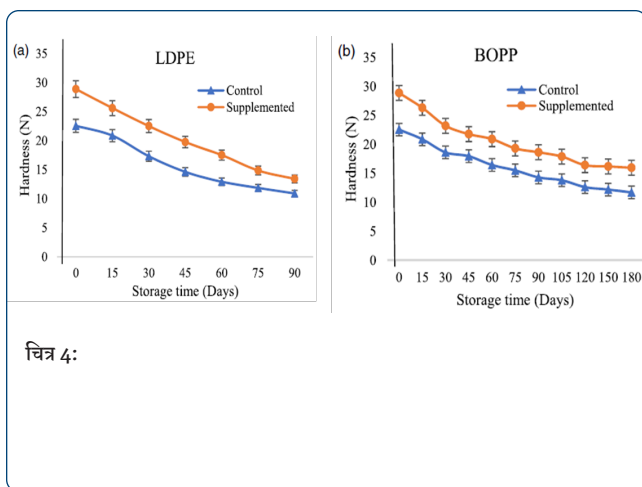


Figure 3. (a, b) Changes in the moisture content of control and enzyme-treated pulp residue-supplemented vermicelli in LDPE and BOPP pouches during storage. Control, refined flour vermicelli; supplemented, enzyme debittered kinnow pulp residue-supplemented vermicelli.



समय के साथ डेबिट किए गए किन्नू लुगदी अवशेषों के पूरक द्वारा उत्पादित सेवई की गुणवत्ता पर है। 15% (15 ग्राम) कटे हुए किन्नू के गूदे के अवशेषों को 85% (85 ग्राम) मैदा के साथ मिलाकर 30 एमएल पानी मिलाकर एक अर्ध-ठोस अखमीरी आटा बनाया जाता है। लगातार बने आटे को 20 मिनट के लिए आराम करने के लिए छोड़ दिया गया था जिसे बाद में पास्ता बनाने की मशीन में टेफ्लॉन-कोटेड डाई (2.25 मिमी) के माध्यम से बाहर निकाला गया था, और पूरी प्रक्रिया परिवेश के तापमान पर की गई थी। पूरक सेवई की नमी 90 दिनों के बाद एलडीपीई पाउच में 5.11 से बढ़कर 7.12% हो गई और 180 दिनों के बाद बीओपीपी पाउच में 5.11 से 6.98% हो गई (Fig. 1). 90 दिनों के भंडारण के बाद एलडीपीई पाउच में कठोरता 28.89 से घटकर 13.42 एन और 180 दिनों के बाद बीओपीपी पाउच में 28.89 से 15.98 एन हो गई (पी > 0.05) (Fig. 2). इसके अतिरिक्त, बीओपीपी पाउच में संग्रहीत नमूनों की तुलना में एलडीपीई पाउच में संग्रहीत सेवई में प्लेट की कुल संख्या अधिक पाई गई। समग्र स्वीकार्यता के आधार पर, एलडीपीई पाउच में पैक किए गए पूरक सेवई के नमूने 90 दिनों तक और बीओपीपी में 180 दिनों तक स्थिर थे। परिणामों से पता चला कि बीओपीपी में एंटीऑक्सीडेंट से भरपूर एक्सट्रैक्ट खाद्य उत्पादों के लिए उनके भौतिक रासायनिक और संवेदी गुणों पर प्रतिकूल प्रभाव डाले बिना वाणिज्यिक पैकेजिंग की क्षमता है।

उद्देश्य 3: मैंगो सीड कर्नेल से व्युत्पन्न संभावित कोकोआ मक्खन विकल्प आम के प्रसंस्करण के बाद, रस, अचार, प्यूरी 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 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। हाल ही में कुछ अध्ययनों ने कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में आम की गिरी के मक्खन की क्षमता पर प्रकाश डाला है, जो कॉस्मेटिक, फार्मास्यूटिकल, भोजन जैसे व्यापक अनुप्रयोगों के लिए इसकी एंटी-ऑक्सीडेंट गतिविधि के कारण है।

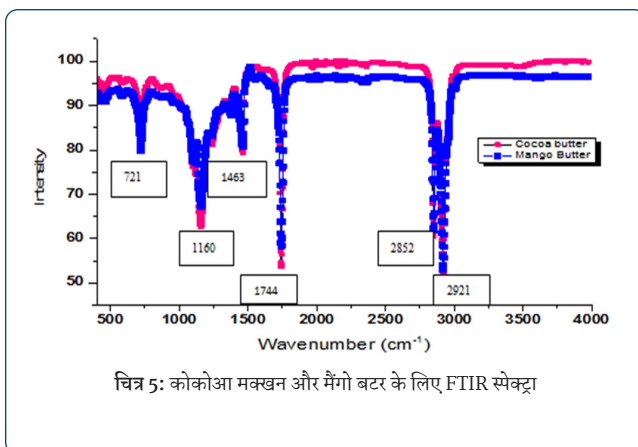
इस अध्ययन में भारतीय किस्म चौसा से आम की गिरी का मक्खन

निकाला गया। पामिटिक, ओलिक और स्टीयरिक एसिड के संबंध में इसके गुण कोकोआ मक्खन के समान थे, और इसमें 80 प्रतिशत डार्क चॉकलेट तैयार करने की क्षमता थी। कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में इसकी उपयुक्तता का आकलन करने के लिए भौतिक-रासायनिक गुणों का अध्ययन किया गया (तालिका 1)।

तालिका 1. आम मक्खन के भौतिक रासायनिक गुण

Parameters	Mango butter	Cocoa butter
Saponification value (mg KOH/g fat)	179.52±1.23	190.74± 2.01
Iodine value (g iodine/100g fat)	41.9± 0.75	35.56± 0.83
Acid value (%)	4.48± 0.10	2.24± 0.21
Fatty acid composition (%)		
C16	2.88± 0.24	2.97± 0.33
C18:0	36.22± 0.41	37.31± 0.50
C18:1	34.81± 0.32	33.21± 0.28

C18:0 और C18:1 मैंगो बटर और कोकोआ बटर दोनों में काफी मात्रा में फैटी एसिड पाए जाते हैं। मैंगो बटर के फैटी एसिड संयोजनों के मापा मूल्य कोकोआ मक्खन के बराबर थे जैसा कि पहले बताया गया था। कोकोआ बटर और मैंगो बटर का FTIR स्पेक्ट्रा लगभग समान बैंड प्रदर्शित करता है, विशेष रूप से नमूने में मौजूद वसा घटकों के लिए जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। सभी चोटियाँ कोको और मैंगो बटर दोनों के स्पेक्ट्रम में सामान्य थीं। हालांकि, मैंगो बटर ने 2684 सेमी⁻¹ पर एक अतिरिक्त चोटी का संकेत दिया, जिसका श्रेय सी-एच स्ट्रेच को दिया जाता है। कोकोआ मक्खन और मैंगो बटर में एकमात्र वर्णक्रमीय अंतर 3000-2500 सेमी⁻¹ में देखा गया था, जिसमें 2684 सेमी⁻¹ पर एक प्रमुख शिखर था, जिसे सी-एच स्ट्रेच के लिए जिम्मेदार ठहराया गया था। इंडक्शन टाइम रैन्सिमैट विधि द्वारा निर्धारित किया गया था। कोकोआ बटर और मैंगो बटर के इंडक्शन टाइम की जांच 120 डिग्री सेल्सियस पर की गई। यह पाया गया कि, कोकोआ मक्खन के लिए 120 डिग्री सेल्सियस पर एक प्रेरण समय आम मक्खन से कम यानी 9.48 घंटे है जो 14.32 घंटे था। (आकृति 2). यह पता चला कि धीमी ऑक्सीकरण के कारण कोकोआ मक्खन की तुलना में मैंगो बटर की शेल्फ लाइफ अधिक होती है। मिश्रण अनुपात ने संकेत दिया कि 80% की एमबी सामग्री वाली चॉकलेट और 20% की सीबी सामग्री की उच्चतम स्वीकार्यता थी। इस प्रकार, निष्कर्षों ने सुझाव दिया कि मैंगो



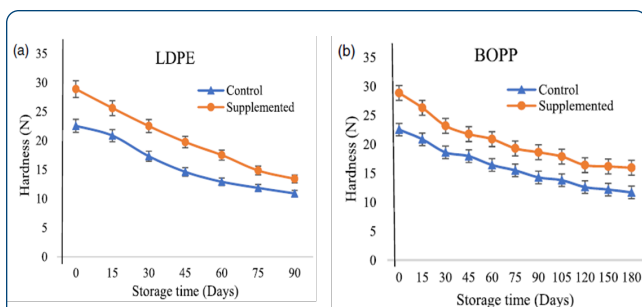


Figure 4. (a, b) Changes in the hardness of control and enzyme-treated pulp residue-supplemented vermicelli in LDPE and BOPP pouches during storage. Control, refined flour vermicelli; supplemented, enzyme debittered kinnow pulp residue-supplemented vermicelli.

(15g) of debittered kinnow pulp residue was mixed with 85% (85 g) refined flour to make a semisolid unleavened dough by addition of 30 mL water. The consistent dough formed was left to rest for 20 min which was then extruded through Teflon-coated die (2.25 mm) in pasta-making machine, and whole process was carried out at ambient temperature. The moisture content of supplemented vermicelli increased from 5.11 to 7.12% in LDPE pouches after 90 days and 5.11 to 6.98% in BOPP pouches after 180 days (Fig. 1). Hardness reduced from 28.89 to 13.42 N in LDPE pouches after 90 days of storage and 28.89 to 15.98 N in BOPP pouches after 180 days ($p > 0.05$) (Fig. 2). Additionally, the total plate count was found to be more in vermicelli stored in LDPE pouches as compared to samples stored in BOPP pouches. On the basis of overall acceptability, the supplemented vermicelli samples packed in LDPE pouches were stable up to 90 days and in BOPP up to 180 days. The results revealed that BOPP has potential for commercial packaging for antioxidant-rich extruded food products without adversely affecting their physiochemical and sensory properties.

3. Potential Cocoa Butter Substitute Derived from Mango Seed Kernel:

After processing mango, for juice, pickle, puree etc. the most common problem encountered is the disposal of the byproduct 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 as an alternative in the future. 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.

In this study, the mango kernel butter was extracted from the Indian variety Chausa. Its properties were

similar to cocoa butter, with respect to palmitic, oleic, and stearic acids, and it had the ability to substitute 80 percent of dark chocolate preparation. The physicochemical properties were studied to assess its suitability as an alternative to cocoa butter (Table 1).

Table 1. Physiochemical properties of mango butter.

Parameters	Mango butter	Cocoa butter
Saponification value (mg KOH/g fat)	179.52±1.23	190.74± 2.01
Iodine value (g iodine/100g fat)	41.9± 0.75	35.56± 0.83
Acid value (%)	4.48± 0.10	2.24± 0.21
Fatty acid composition (%)		
C16	2.88± 0.24	2.97± 0.33
C18:0	36.22± 0.41	37.31± 0.50
C18:1	34.81± 0.32	33.21± 0.28

C18:0 and C18:1 were the fatty acids found in considerable amount in both mango butter and cocoa butter. The measured values of fatty acid compositions of mango butter were equivalent to cocoa butter as reported previously. The FTIR spectra of cocoa butter and mango butter exhibit almost similar bands particular to the fat constituents present in the sample as shown in Fig 1. All peaks were common in a spectrum of both cocoa and mango butter. However, mango butter indicated one additional peak at 2684 cm^{-1} that is attributed to C-H stretches. The only spectral difference in cocoa butter and mango butter was observed in the wavenumber region 3000-2500 cm^{-1} with a key peak at 2684 cm^{-1} attributed to C-H stretches. The induction time was determined by rancimat method. The induction time of the cocoa butter and mango butter was investigated at 120°C. It was detected that, an induction time at 120°C for cocoa butter is lower i.e. 9.48 h than mango butter which was 14.32 h (Fig. 2). It revealed that the mango butter has high shelf life in comparison to cocoa butter due to slow oxidation. The blend ratios indicated that chocolate with MB content

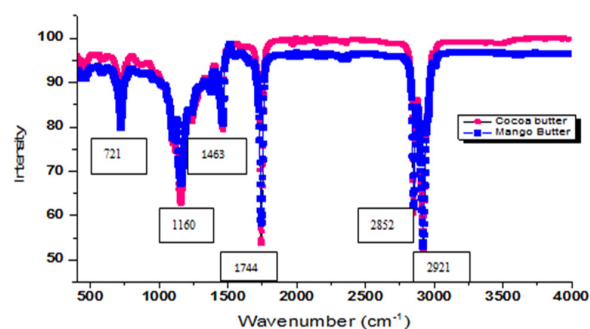
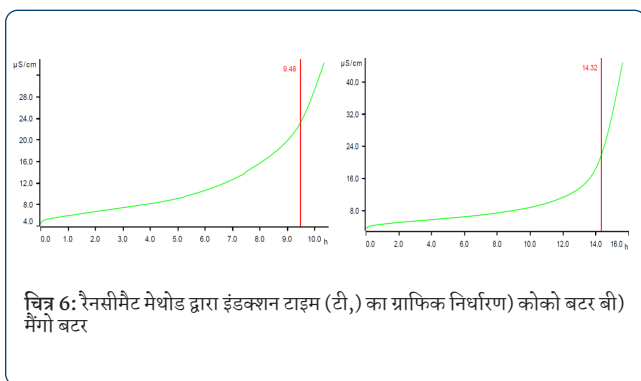


Figure 5. FTIR spectra for cocoa butter and mango butter.



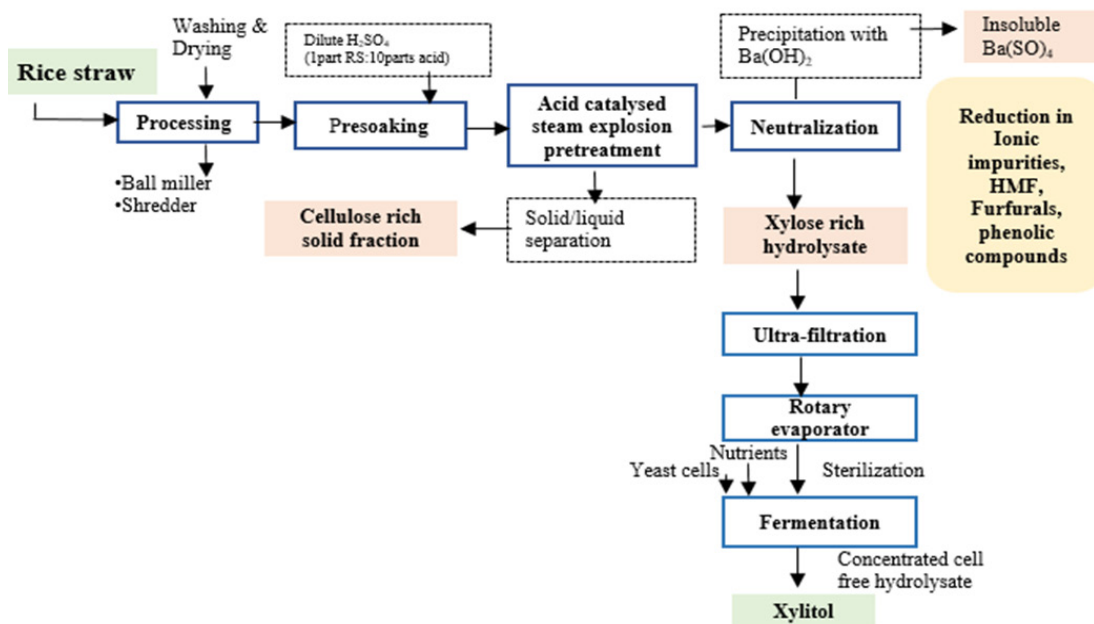
बटर को कोकोआ बटर के विकल्प के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। रंग, रूप, बनावट, स्वाद, स्वाद और चॉकलेट की समग्र स्वीकार्यता की संवेदी स्कोर विशेषताओं ने नियंत्रण चॉकलेट और चॉकलेट के बीच 80% एमबी (मैंगो बटर) के साथ गैर-महत्वपूर्ण अंतर का संकेत दिया। कोकोआ मक्खन प्रतिस्थापन के रूप में परीक्षण और विशेषता वाले मैंगो बटर से पता चला कि मैंगो बटर तुलनीय प्रदर्शन और संरचना का है। मैंगो बटर की जगह मैंगो बटर का इस्तेमाल किया जा सकता है, जो आम के बीज की गुठली से बनता है। मिश्रण अनुपात ने संकेत दिया कि 80% की एमबी सामग्री और 20% की सीबी सामग्री के साथ चॉकलेट विकल्प की उच्चतम स्वीकार्यता थी। इस प्रकार, निष्कर्षों ने सुझाव दिया कि मैंगो बटर को कोकोआ बटर के विकल्प के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। आम के उप-उत्पादों से यह प्रसंस्कृत उत्पाद पर्यावरण प्रदूषण में काफी हद तक कमी सुनिश्चित करता है और प्रसंस्करण इकाई की संचालन अर्थव्यवस्था को भी लाभ पहुंचाता है।

उद्देश्य 4: कृषि अवशेषों से xylitol उत्पादन के लिए कुशल प्रक्रिया विकास।

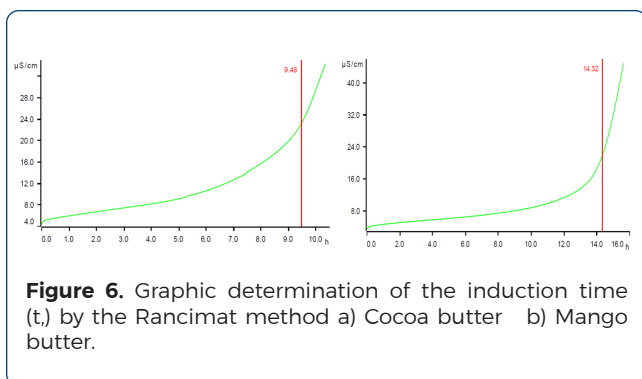
चावल का भूसा (आरएस) दुनिया भर में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध लिग्नोसेल्यूलोसिक कृषि बायोमास (> 580 मीट्रिक टन / वर्ष) है। स्टीम प्रीट्रीटमेंट में सल्फ्यूरिक एसिड (H₂SO₄) जैसे एसिड उत्प्रेरक के साथ संसेचन हेमिकेलुलोज के मोनोसेकेराइड के क्षरण को बढ़ावा देता है। तो, यह प्रीट्रीटमेंट दक्षता को भी बढ़ाता है। तनु अम्ल विलयन के साथ बायोमास का पूर्व-उपचार, ग्लूकोज की तुलना में ज़ाइलोज को आसानी से मुक्त करता है। 14 एल किण्वन में ज़ाइलिटोल उत्पादन के लिए प्रीट्रीटेड आरएस हाइड्रोलाइजेट (प्री-हाइड्रोलाइजेट) और अर्ध-परिभाषित माध्यम (नियंत्रण) के किण्वन का भी अध्ययन किया गया था। परंपरागत रूप से, xylitol राने निकेल को उत्प्रेरक के रूप में उपयोग करके D-xylose से रासायनिक मार्ग से उत्पन्न होता है जो एक महंगी प्रक्रिया है और प्रदूषण का कारण भी बनता है। इसके विपरीत, सूक्ष्मजीवों द्वारा हेमिकेलुलोसिक हाइड्रोलिसेट्स का उपयोग करके ज़ाइलोज का ज़ाइलिटोल में जैवसंक्रमण अधिक किफायती, कुशल और पर्यावरण के अनुकूल है।

चावल के भूसे के प्रीट्रीटमेंट की प्रक्रिया का पैमाना: एसिड ट्रीटेड आरएस, हाइड्रोलाइजेट में ज़ाइलोज रिकवरी, शुद्धिकरण और एकाग्रता के बाद किण्वन और ज़ाइलिटोल उत्पादन सहित स्केल अप प्रक्रिया का समग्र द्रव्यमान संतुलन समीकरण 5 किलोग्राम आरएस, 681.93 ग्राम से दिखाया गया है। (आकृति 1) ज़ाइलोज को हाइड्रोलाइजेट में निकाला गया जिससे किण्वन शोरबा में 363.23 ग्राम xylitol और 1500 ग्राम (गीला वजन) सेल बायोमास का उत्पादन हुआ।

प्रीट्रीटमेंट प्रक्रिया का सांख्यिकीय विश्लेषण: प्रीट्रीटमेंट के मापदंडों का सांख्यिकीय विश्लेषण करने के लिए और ज़ाइलोज निष्कर्षण पर उनकी बातचीत के प्रभाव के लिए, आरएसएम के बॉक्स-बेनकेन डिज़ाइन का



चित्र 7: एटी, ज़ाइलोज रिकवरी और शुद्धिकरण (एटी, एसिड ट्रीटेड; आरएस, राइस स्ट्रॉ) सहित समग्र द्रव्यमान संतुलन पायलट स्केल प्रीट्रीटमेंट प्रक्रिया।

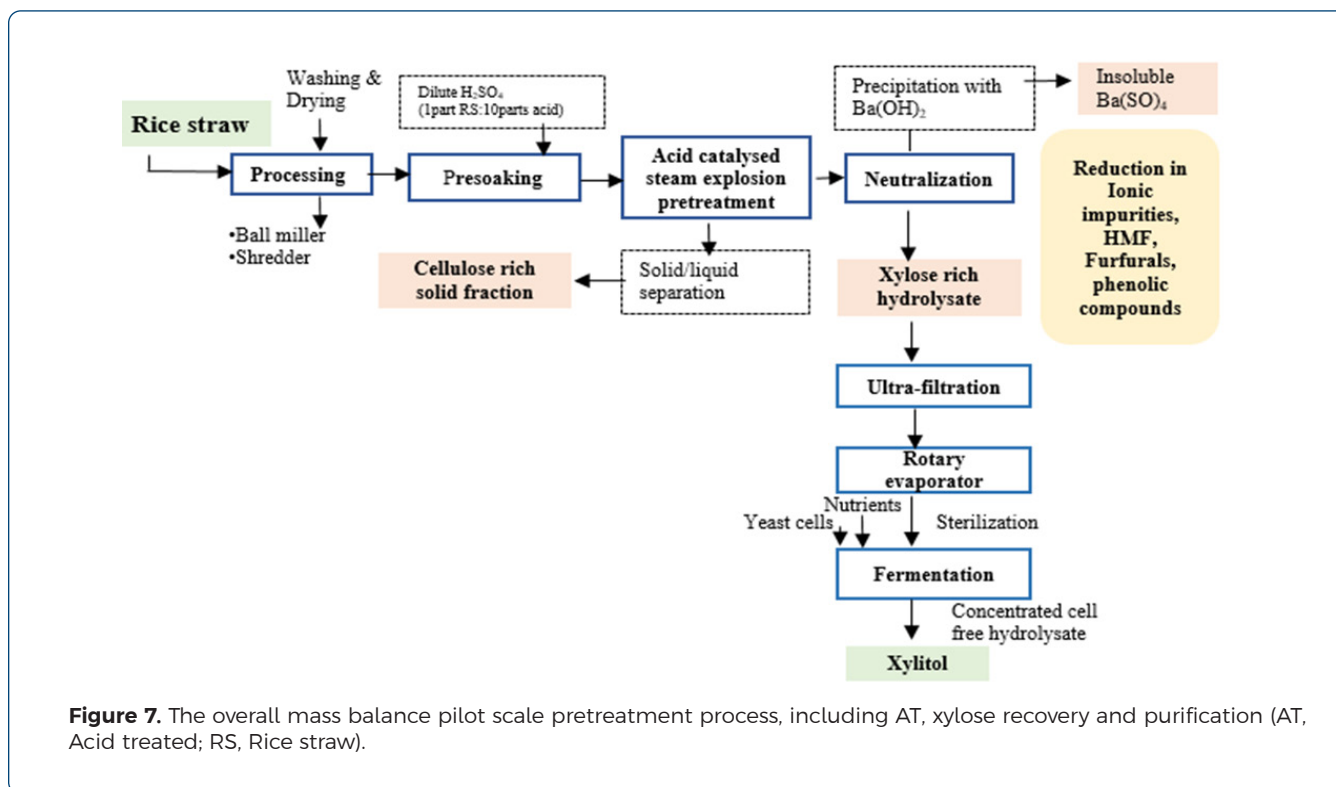


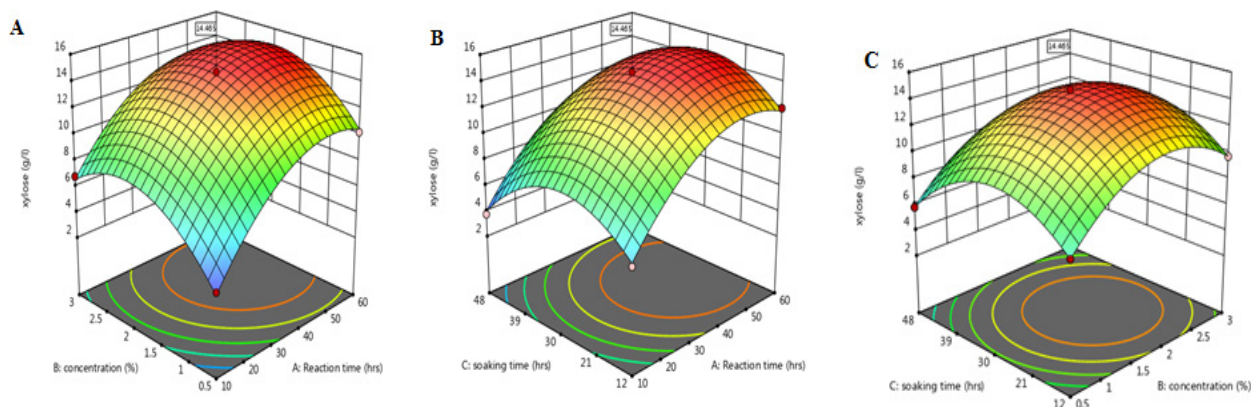
of 80% and a CB content of 20% had the highest acceptability. Thus, the findings suggested that mango butter can be used as a cocoa butter substitute. The sensory score attributes of color, appearance, texture, flavor, taste and overall acceptability of chocolate indicated non-significant differences between the control chocolate and the chocolate with 80% MB (mango butter). The mango butter tested and characterized as a cocoa butter substitution, revealed that the mango butter is of comparable performance and composition. Mango butter, which is derived from mango seed kernels, can be used in place of cocoa butter. The blend ratios indicated that chocolate substitute with an MB content of 80% and a CB content of 20% had the highest acceptability. Thus, the findings suggested that mango butter can be used as a cocoa butter substitute. This processed product from mango by-products ensures reduction in environmental pollution substantially and also benefits the processing unit's operations economy.

4. Efficient process development for xylitol production from agricultural residues: Rice straw (RS) is an abundantly available lignocellulosic agricultural biomass around the world (>580 MT/yr). Impregnation with acid catalysts like sulfuric acid (H_2SO_4) 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 compared 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 micro-organisms is more economical, efficient and environmentally friendly.

Process scale up of rice straw pretreatment: The overall mass balance equation of scaled up process including acid treated RS, xylose recovery in hydrolysate, purification and concentration followed by fermentation and xylitol production is shown in From 5 Kg RS, 681.93 g (Fig. 1) xylose was extracted in the hydrolysate leading to the production of 363.23 g xylitol and 1500 g (wet weight) cell biomass in the fermentation broth.

Statistical analysis of pretreatment process: To statistically analyze the parameters of pretreatment and effect of their interaction on xylose extraction, Box-Behnken design of RSM was used. The measure of xylose formation was given by the quadratic model equation as a function of reaction time, acid concen-



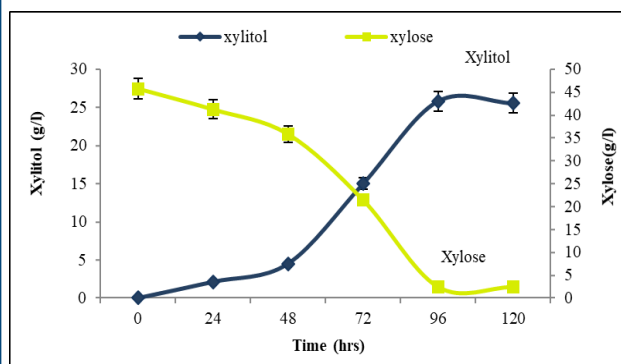


चित्र 8: स्टीम डाइल्यूट एसिड उत्प्रेरित स्टीम प्रीट्रीटमेंट प्रक्रिया के दौरान जाइलोज उपज पर प्रक्रिया चर के प्रभाव की प्रतिक्रिया सतह भूखंड। ए एसिड एकाग्रता और प्रतिक्रिया समय का प्रभाव; बी भिगोने के समय और प्रतिक्रिया समय का प्रभाव; सी. भिगोने के समय और एकाग्रता का प्रभाव।

उपयोग किया गया था। जाइलोज गठन का माप द्विघात मॉडल समीकरण द्वारा प्रतिक्रिया समय, एसिड एकाग्रता और प्रीसोकिंग समय के एक समारोह के रूप में दिया गया था, जिसे नीचे दिखाए गए कोडित कारकों द्वारा दर्शाया गया है:

$$Y = 14.47 + 3.23A + 1.29B - 0.6713C - 0.3000AB + 0.1125AC + 0.0200BC - 3.03A^2 - 3.24B^2 - 3.45C^2$$

where, Y = xylose उपज (g/l), 14.47 इंटरसेप्ट वैल्यू है और 14 सेट प्रयोग किए गए। ए, बी और सी क्रमशः प्रतिक्रिया समय, एसिड एकाग्रता और भिगोने का समय था। 142.56 का एफ-मान तब देखा गया जब प्रतिगमन मॉडल मॉडल के महत्व को दर्शाते हुए कटे हुए आरएस से जाइलोज उत्पादन के प्रायोगिक परिणाम के लिए फिट था (पी < 0.05)। इसके अलावा, अनुमानित R^2 (0.9579) और समायोजित R^2 (0.9899) सैद्धांतिक अनुमानों और प्रयोगात्मक परिणामों के बीच निकट समझौते में देखे गए थे। यह भी देखा गया कि एसिड सांद्रता में 1.75% (v/v) की



चित्र 9: जाइलोज उपयोग और संगत जाइलिटोल उत्पादन के लिए सी. ट्रॉपिकलिस एमटीसीसी 6192 का किण्वन प्रोफाइल।

तालिका 2. चावल के भूसे हाइड्रोलाइजेट और नियंत्रण मीडिया में माइक्रोएरोबिक बैच किण्वन के दौरान सबस्ट्रेट खपत और उत्पाद संश्लेषण चर

Parameters	Rice straw hydrolysate	Control media
Inoculum size (g/l)	5.0	5.0
Biomass (g/l)	30	30.5
Xylose (g/l)	45	45.73
Xylitol (g/l)	25.8	27.84
Xylitol yield, $Y_{p/x}$ (g/g)	0.60	0.63
Xylitol productivity (g/l/h)	0.26	0.28

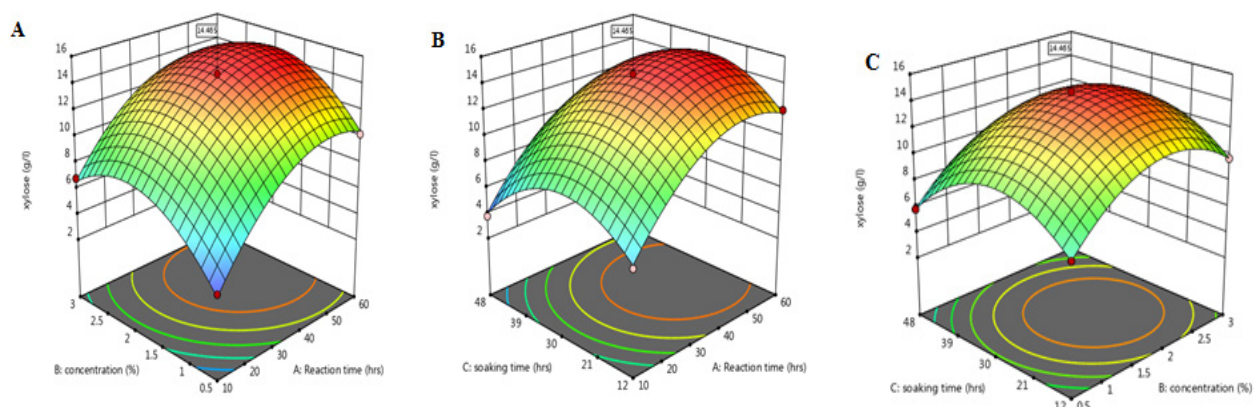


Figure 8. Response surface plots of effect of process variables on xylose yield during steam dilute acid catalyzed steam pretreatment process. A. Effect of acid concentration and reaction time; B. Effect of soaking time and reaction time; C. Effect of soaking time and concentration.

tration and presoaking time which are represented by coded factors as shown below:

$$Y = 14.47 + 3.23A + 1.29B - 0.6713C - 0.3000AB + 0.1125AC + 0.0200BC - 3.03A^2 - 3.24B^2 - 3.45C^2$$

where, Y = xylose yield (g/l), 14.47 is the intercept value and 14 set of experiments were carried out. A, B and C were reaction time, acid concentration and soaking time respectively. F-value of 142.56 was observed when the regression model was fit to experimental result of xylose production from shredded RS implying the significance of the model ($p < 0.05$). Also, The predicted R^2 (0.9579) and adjusted R^2 (0.9899) were seen in proximate agreement between the theoretical estimates and experimental results. It was also observed that xylose yield (g/l) increased with increase in acid concentration to 1.75 % (v/v) beyond which it started decreasing. Similarly, trend was observed for presoaking and reaction time where xylose yield (g/l)

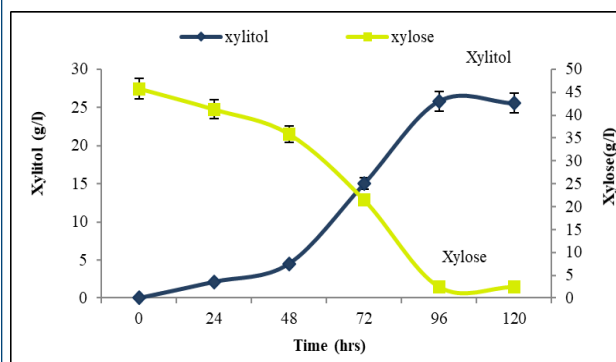
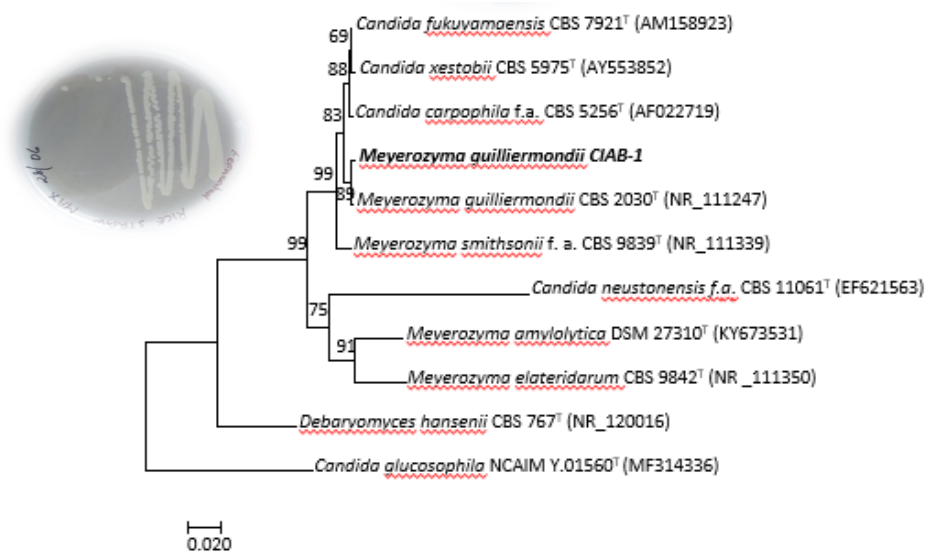


Figure 9. Fermentation profile of *C. tropicalis* MTCC 6192 for xylose utilization and corresponding xylitol production.

Table 2. Substrate consumption and product synthesis variables during microaerobic batch fermentation in rice straw hydrolysate and on control media.

Parameters	Rice straw hydrolysate	Control media
Inoculum size (g/l)	5.0	5.0
Biomass (g/l)	30	30.5
Xylose (g/l)	45	45.73
Xylitol (g/l)	25.8	27.84
Xylitol yield, $Y_{p/x}$ (g/g)	0.60	0.63
Xylitol productivity (g/l/h)	0.26	0.28



चित्र 10: पहचाने गए स्ट्रेन के फाइलोजेनेटिक ट्री एम। गिलियरमोडी सीआईएबी-1

वृद्धि के साथ xylose उपज (g/l) में वृद्धि हुई जिसके बाद यह घटने लगी। इसी तरह, पूर्व-भिगेने और प्रतिक्रिया समय के लिए प्रवृत्ति देखी गई, जहां xylose उपज (g/l) समय में वृद्धि के साथ 30 घंटे और 35 मिनट तक बढ़ी, जिसके बाद यह घटने लगी। प्रतिक्रिया सतह 3D (आकृति 2) प्रीट्रीटमेंट प्रक्रिया के दौरान प्रत्येक चर के प्रभाव और जाइलोज उपज पर उनकी बातचीत को दर्शाने वाले भूखंड नीचे दिए गए हैं:

मानक संस्कृति का उपयोग कर किण्वन: यीस्ट स्ट्रेन सी. ट्रॉपिकलिस एमटीसीसी 6192 का उपयोग 5 लीटर न्यूट्रलाइज्ड राइस स्ट्रॉ हाइड्रोलाइजेट और सिंथेटिक जाइलोज के साथ कंट्रोल मीडिया में किण्वन के मूल्यांकन के लिए किया गया था। बैच किण्वन 96 घंटे के लिए 30 C और 150 rpm पर चला (आकृति 3)।

पृथक यीस्ट स्ट्रेन की पहचान: CIAB1 नामक पृथक स्ट्रेन को IMTECH चंडीगढ़ भेजा गया था और 18s ITS जीन अनुक्रमण डेटा का उपयोग करके *Meyerozyma guilliermondii* के रूप में पहचाना गया था। (आकृति 4)।

प्रमुख उपलब्धियां

- ◆ उमेश सिंह, दलवीर कौर, विभू मिश्रा, मीना कृष्णिया*, 2021. कबिनटोरिअल एप्रोच टू प्रोपेर एन्टिओक्सीडेटिव प्रोटीन हाइड्रोलेसट फ्रॉम कार्न ग्लूटेन मील विथ डेरी व्हेय: प्रिपरेशन, कैनेटीक्स, न्यूट्रिशनल स्टडी एंड कॉस्ट एनालिसिस, LWT फूड साइंस एंड टेक्नोलॉजी, 112437
- ◆ सिंगला जी., पनेसर पी एस., सांगवान आर एस., कृशानिआ एम *. इफेक्ट ऑफ पैकेजिंग मैटेरियल्स ों दी शेल्फ -लाइफ ऑफ वर्मिसेली सुप्लिमेंटेड विथ एंजाइम प्रोसेस, सीड किनौ पल्प रेसिडु. जे फूड प्रोसेस इंज. 2021;e13862.
- ◆ गुरप्रीत कौर, दलवीर कौर, सुशील के.कांसल, मोनिका गर्ग, मीना कृशानिआ* (2021), पोटेशियल कोकोआ बटर सबस्ट्रिट डारिवेड फ्रॉम मैंगो सीड कर्नेल, फूड केमिस्ट्री, 131244
- ◆ सौम्या सिंह, दलवीर कौर, सुदेश कुमार यादव, मीना कृशानिआ*, प्रोसेस स्केल-उप ऑफ न एम्फिसिएंट एसिड-काटलीज़ेड स्टीम प्रेट्रीटमेंट ऑफ राइस स्ट्रॉ फॉर जाइलिटोल प्रोडक्शन बाय सी. ट्रॉपिकलिस एम टी सी सी 6192. बीआरएसोर्स टेक्नोलॉजी 320 (2021) 124422

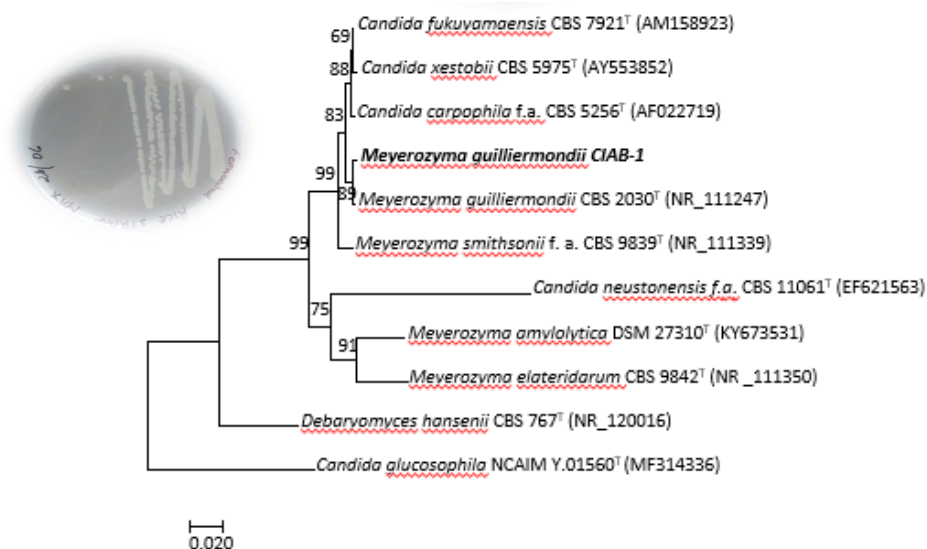


Figure 10. Phylogenetic tree of identified strain *M. guilliermondii* CIAB-1.

enhanced with increase in time till 30 h and 35 min, beyond which it started decreasing. Response surface 3D (Fig. 2) plots indicating effect of each variable and their interaction on xylose yield during pretreatment process have been provided below.

Fermentation using standard culture: Yeast strain *C. tropicalis* MTCC 6192 was used for evaluating fermentation in a 5L neutralized rice straw hydrolysate and control media with synthetic xylose. Batch fermentation lasted for 96 h at 30 °C and 150 rpm (Fig.3). Highest xylitol yield of 25.8 g/l (60 % fermentation and 0.26 g/l/h productivity) and 27.84 g/l (63 % fermentation efficiency and 0.28 g/l/h productivity) was achieved for pre-hydrolysate and semi-defined control media respectively (Table 1).

Identification of isolated wild strain: The isolated strain named CIAB1 was sent to IMTECH Chandigarh and was identified as *Meyerozyma guilliermondii* using 18S ITS gene sequencing data (Fig. 4).

Salient Achievements

- ◆ Umesh Singh, Dalveer Kaur, Vibhu Mishra, Meena Krishania*, 2021. Combinatorial approach to prepare antioxidative protein hydrolysate from corn gluten meal with dairy whey: preparation, kinetics, nutritional study and cost analysis, LWT Food Science & Technology, 112437.
- ◆ Singla G., Panesar PS., Sangwan RS., Krishania M*. Effect of packaging materials on the shelf-life of vermicelli supplemented with enzyme processed kinnow pulp residue. J Food Process Eng. 2021; e13862.
- ◆ Gurpreet Kaur, Dalveer Kaur, Sushil K.Kansal, Monika Garg, Meena Krishania* (2021), Potential Cocoa Butter Substitute Derived from Mango Seed Kernel, Food Chemistry, 131244.
- ◆ Saumya Singh, Dalveer Kaur, Sudesh Kumar Yadav, Meena Krishania*, Process scale-up of an efficient acid-catalyzed steam pretreatment of rice straw for xylitol production by *C. Tropicalis* MTCC 6192. Bioresource Technology 320 (2021) 124422.

अनुसंधान प्रकाशन
पेटेंट सूची

RESEARCH **PUBLICATIONS**
PATENTS LIST

सीआईएबी से प्रकाशन

शोध पत्र

- पुरोहित ए, यादव एस.के.* (2020) थर्मोऑलरेंट और एसिडोफिलिक मैक्रानेज निर्माता माइक्रोबैक्टीरियम एसपी CIAB417 की विशेषता, कृषि-अवशेष से मैनुलिगोसाचराइड उत्पादन और डाई रंग हटाने की क्रियाके लिए। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलेक्यूलस 163, 1154-1161
- राय एस., कौर एच., कौलधर बी.एस., यादव एस.के.* (2020) एक उच्च मूल्य दुर्लभ चीनी डी-टैगाटोज में मट्टा लैक्टोज के प्रत्यक्ष परिवर्तन के लिए एक दोहरी एंजाइम धातु हाइब्रिड क्रिस्टल: संश्लेषण, लक्षण वर्णन और एक स्थायी प्रक्रिया। एसोएस बायोमैटेरियल्स साइंस एंड इंजीनियरिंग 6, (12), 6661-6670
- ठाकुर के, कुमार वी, कुमार वी, यादव एस.के.* (2020) एसिटोबैक्टर पेस्टूरियनस आरएसवी-4 स्ट्रेन द्वारा जीवाणु सेलुलोज संश्लेषण के लिए जीनोमिक लक्षण वर्णन अनुवांशिक सबूत प्रदान करता है। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलेक्यूलस 156: 598-607।
- पाल एस, ठाकुर एन.एस., चांदना एस, रेड्डी वाई.एन., भौमिक जे.* (2021)। बायोइमेजिंग और एंटीमाइक्रोबियल फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए लाइट एक्टिवेबल लिग्निन नैनोस्फीयर आधारित स्प्रे कोटिंग का विकास। जर्नल ऑफ मैटेरियल्स केमिस्ट्री बी, 9, 1592-1603।
- चांदना एस, ठाकुर एन.एस., कौर आर, भौमिक जे.* (2020) लेजर-असिस्टेड एंटीमाइक्रोबियल फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए लिग्निन-बिमेडिकल नैनोकॉन्जुगेट डोप पीएच-रेस्पॉन्सिव हाइड्रोजेल्। बायोमैक्रोमोलेक्यूल, 21, 3216-3230।
- किरार एस, चौधरी डी, ठाकुर एन.एस., जैन एस, भौमिक जे, लाहा जे.क, बनर्जी यू.सी. (2021)। पॉर्फिरिन-डॉप नैनोएनकैप्सुलेट्स का उपयोग करके लाइट-असिस्टेड एंटीकैंसर फोटोडायनामिक थेरेपी। जर्नल ऑफ फोटोकैमिस्ट्री एंड फोटोबायोलॉजी बी: बायोलॉजी, 220, 112209।
- ठाकुर एन.एस., मंडल एन, पटेल जी, किरार एस, रेड्डी वाई.एन., कुशवाहा वी, जैन एस, कालिया वाई. एन., भौमिक जे., बनर्जी यू.सी. (2021)। संवर्धित फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए हाइब्रिड नैनोकणों के माध्यम से जिंक फ्थालोसायनिन और क्वेरसेटिन का सह-प्रशासन। नैनोमेड-आईसिन: नैनोटेक्नोलॉजी, बायोलॉजी एंड मेडिसिन, 33, 102368।
- कौशल जी, राय एके, सिंह एसपी* (2021) एक हॉट-स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नया β -ग्लूकोसिडेज उन्नत थर्मल स्थिरता और ग्लूकोज और इथेनॉल के लिए सहिष्णुता को दर्शाता है। एंजाइम एंड माइक्रोबियल टेक-नॉलजी 145, 109764
- जोशी एन, कौशल जी, सिंह एसपी* (2021) एक थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नए थर्मो-हेलो-टॉलरेंट GH5 एंडोग्लूकेनेस का जैव रासायनिक लक्षण वर्णन। बायोटेक्नोलॉजी एंड बायोइंजीनियरिंग 118:1531-1544
- ठाकुर एम, शर्मा एन, राय एके, सिंह एसपी* (2021) प्रभावी डिब्रांचिंग और प्रतिक्रिशी स्टार्च के उत्पादन के लिए एक हॉट-स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नए कोल्ड-एक्टिव टाइप I पुलुलानेज। बीआरएसोस टेक्नोलॉजी 320, 124288
- शर्मा एम, सांगवान आरएस, खटकर बीएस, सिंह एसपी* (2021) मोटे ज्वार के डंठल बायोमास से प्रीबायोटिक ओलिगोसेकेराइड समृद्ध कार्यात्मक पेय का विकास। वेस्ट एंड बायोमास टेक्नोलॉजी - 12, 2001-2012
- चौरसिया आर, पाधी एस, फुकोन एलसी, अबेदिन एमएम, सिंह एसपी*, राय एके* (2020) SARS-CoV-2 मुख्य प्रोटीन और S1 ग्लाइकोप्रोटीन के प्रभावी निषेध के लिए लैक्टोबैसिलस डेलब्रुइकी WS4 का उपयोग करके उत्पादित सोया पनीर से एक संभावित पेप्टाइड। फ्रंटियर्स इन मॉलिक्यूलर बायोसाइंसेज -संबंध 7: 601753
- शर्मा एन, कुमार जे, अबेदिन एमएम, साहू डी, पांडे ए, राय एके*, सिंह एसपी* (2020) सिक्किम हिमालय के प्राकृतिक गर्म झरनों में सामुदायिक संरचना और चयापचय मार्गों की आणविक रूपरेखा का खुलासा करने वाले मेटाजीनोमिक्स। बीएमसी माइक्रोबायोलॉजी 20, 246
- कौशल जी, सिंह एसपी* (2020) तुलनात्मक जीनोम विश्लेषण ल्यूकोनोस्टोक मेसेटेरोइड्स एमटीसीसी10508 को ल्यू सुऑनिकम के एक स्ट्रेन के रूप में पुनर्वर्गीकरण के लिए आणविक साक्ष्य के टुकड़े प्रदान करता है। जीनोमिक्स 112(6), 4023-4031
- एस कुमार, एम एम देवी, एस के कंसल और एस सरवनमुरुगन, बायोएल्लिहाइड के चयनात्मक हाइड्रोजनीकरण के लिए ज़िरकोनियम ऑक्साइड के एक्सपोजेड क्रिस्टल पहलू में सक्रिय साइटों को खोलना। कटैलिसीस साइंस एंड टेक्नोलॉजी। 10 (2020) 7016-7026।
- एच. व डब्ल्यू.दाई, एस. सरवनमुरुगन, जेड.यू. एच.ली और एस.यांग, अंतर्जात $X-C=O$ प्रजातियां CO_2 रिडक्टिव अपग्रेड के लिए उत्प्रेरक-मुक्त फॉर्मिलेशन पूर्वापेक्षा को सक्षम करती हैं। ग्रीन केम। 22 (2020) 5822-5832।
- एन सिंह, एन पांडे, बी बी मिश्रा, * 2020। अक्षय फीडस्टॉक के रूप में खर्च किए गए सुगंधित बायोमास-व्युत्पन्न (क्लोरोमैथिल) फुरफुरल (सीएमएफ) से (हाइड्रोक्सीमैथिल) फुरफुरल (एएमएफ) के संश्लेषण के लिए एक अलग दृष्टिकोण। आरएससी एडवांसेज 10, 45081।
- सिंह एस, कौर डी, यादव एसके, कृष्णिया एम* (2021), C. ट्रापिकलिस MITCC 6192 द्वारा xylitol उत्पादन के लिए चावल के भुसे के एक कुशल एसिड-उत्प्रेरित भाप पूर्व उपचार की प्रक्रिया का विस्तार। बायोरिसोर्स टेक- नॉलजी, 124422.
- सिंगला जी, सिंह यू, सांगवान आरएस, पनेसर पीएस, कृष्णिया एम* (2021) किन्नू पोमस और किन्नू पल्प अवशेषों से कड़वाहट को दूर करने के लिए प्रयुक्त विभिन्न प्रक्रियाओं का तुलनात्मक अध्ययन। फूड केमिस्ट्री 335 (127643), 1-9।
- सिंगला जी, पनेसर पीएस, सांगवान आरएस, कृष्णिया एम* (2020), साइटस रेटिकुलाटा (किन्नू) लुगदी अवशेषों की एंजाइमेटिक डेबिटिंग और सेवई की

तैयारी के लिए इसका उपयोग। जर्नल ऑफ फूड प्रिजर्वेशन। <https://doi.org/10.1111/jfpp.15135>।

- सिंगला जी, पनेसर पीएस, सांगवान आरएस, कृष्णिया एम* (2020) साइटस रेटिकुलाटा (किन्नू) पोमस का नारिंगिनेज का उपयोग करके एंजाइमेटिक प्रसंस्करण और पौष्टिक रूप से समृद्ध पास्ता की तैयारी के माध्यम से इसकी वैधता। जर्नल ऑफ फूड साइंस एंड टेक्नोलॉजी, 1-8।
- कौर डी, सिंगला जी, सिंह यू, कृष्णिया एम* (2020), कॉर्न फाइबर से हेमिकेलुलोज के निष्कर्षण और इसके लक्षण वर्णन के लिए कुशल प्रक्रिया इंजीनियरिंग। कार्बोहाइड्रेट पॉलिमर टेक्नोलॉजीज एंड एप्लिकेशन्स -आवेदन, 100011.
- शर्मा ए, मंडल टी, गोस्वामी एस (2021) थर्मल, मैकेनिकल और ऑप्टिकल गुणों पर बेहतर प्रभाव के लिए लिग्नोसेल्यूलोसिक नैनोफाइबर फिलर के साथ सेल्युलोज एसिटेड नैनोकम्पोजिट फिल्मों का निर्माण। नैनो स्ट्रक्चर्स एंड नैनो ऑब्जेक्ट्स
- शर्मा ए, मंडल टी, गोस्वामी एस (2021) सेल्युलोज नैनोफाइबर का फैलाव और स्थिरता अध्ययन: नैनोकम्पोजिट तैयारी के लिए निहितार्थ। जर्नल ऑफ पॉलिमर्स एंड एनवायरनमेंट (2020)।
- राय एस के, कुमार वी, यादव एसके* (2021)। जलीय चरण कटैलिसीस में उच्च मूल्य दुर्लभ चीनी डी-टैगाटोज के संश्लेषण के लिए पुनरावर्तनीय चुंबकीय क्रॉस-लिंक एंजाइम समुच्चय का विकास। कटैलिसीस साइंस एंड टेक्नोलॉजी 11, 2186 - 2194
- पुरोहित ए, सिंह जी, यादव एसके* (2021)। कार्बोमैटिक द्वि-कार्यात्मक एंजाइम एसिटिलेटेड ज़ाइलान में समृद्ध कृषि-बायोमास के हाइड्रोलिसिस के लिए ज़ाइलानेज और डीएसेटाइलेज गतिविधि रखने वाला। कोलॉइड सरफेस बी बायो इंटरफेस - चेहरे के। दोई: 10.1016/j.colsurfb.2021.111832
- कुमार वी, शर्मा डीके, संधू पीपी, जादुआन जे, सांगवान आरएस, यादव एसके* (2021), व्हे मीडियम पर एसिटोबैक्टर पेस्टूरियनस आरएसवी-4 (एमटीसीसी 25117) द्वारा सेल्युलोज के उत्पादन के लिए संतत प्रक्रिया। सेल्युलोज 28, 103-116
- खुब्बर एस., चतुर्वेदी के., ठाकुर एन., शर्मा एन., यादव एस.के.* (2021)। लो-मैथाक्सिल पेक्टिन कम वसा वाले सेट दही को स्थिर करता है और उनके भौतिक रासायनिक गुणों, रियोलॉजी, माइक्रोस्ट्रक्चर और संवेदी पसंद में सुधार करता है। फूड हाइड्रोकोलॉइड्स। 111, 106240
- कौलधर बीएस, सुच बीएस, राय एसके, कुमार वी, यादव एसके* (2021) गन्ने की खोई के कचरे से नैनोसाइड सिलिका और लिग्निन की रिकवरी और जल शोधन के लिए मिश्रित झिल्ली के निर्माण में उनकी इंजीनियरिंग। एनवायरनमेंटल साइंस एंड पॉल्यूशन रिसर्च: 28 खोजें, 7491-7502

समीक्षा पत्र

- किरार एस, ठाकुर एन.एस., रेड्डी वाई.एन., बनर्जी यू.सी., भौमिक जे., फोटोडायनामिक थेरेपी के लिए पॉलीपीरोल आधारित नैनोफार्म्यूलेशन पर अंतर्दृष्टि। जर्नल ऑफ पॉर्फिरिन्स एंड फ्थालोसायनिन्स, 2021, doi.org/10.1142/S1088424621300032.
- भारद्वाज एस. के., सिंह एच., दीप ए., खत्री एम., भौमिक जे., किम के. एच, भारद्वाज एन, यूवीसी-आधारित एक कुशल उपकरण के रूप में फोटोनिष्क्रियता कोरोनावायरस के संचरण को नियंत्रित करने के लिए। साइंस ऑफ टोटल एनवायरनमेंट 2021, 792, 148548।
- हुंजन एम. के., पांडे एस., गुप्ता ए., भौमिक जे., दास पी., लाहा जे.के., पारोल्स के कार्यात्मककरण और उनकी अनुवाद क्षमता में हालिया प्रगति। केमिकल रिकॉर्ड, 2021, 21, 715-780
- भारद्वाज एस. के., भारद्वाज एन., कुमार वी. भट्ट, डी., अज्जौज ए., भौमिक जे., किम के.-एच., दीप ए., एयरबोन वायल और बैक्टीरियल रोगजनकों के नैनोमटेरियल-आधारित सेंसिंग में हालिया प्रगति। एनवायरनमेंटल इंटरनेशनल, 2021, 146, 106183।
- चौरसिया आर, अबेदिन एमएम, फुकोन एलसी, साहू डी, सिंह एसपी*, राय एके* (2021) बेहतर कार्यक्षमता के साथ डिजाइनर पनीर के उत्पादन के लिए जैव प्रौद्योगिकी दृष्टिकोण। कम्प्रेहेंसिव रिवीज इन फूड साइंस एंड फूड सेफ्टी 20:960-979
- गर्ग एम, शर्मा ए, वत्स एस, तिवारी वी, कुमारी ए, मिश्रा वी, कृष्णिया एम (2021), अनाज में विटामिन: उनके सुधार के लिए सामग्री, स्वास्थ्य प्रभाव, प्रसंस्करण हानि, जैव उपलब्धता, किलेबंदी और जैव-फोर्टिफिकेशन रणनीतियों की महत्वपूर्ण समीक्षा। फ्रंटियर्स इन न्यूट्रिशन 8, 254.
- शर्मा ए, अंजना, राणा एच, गोस्वामी एस (2021) लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास व्युत्पन्न नैनोसेल्यूलोज के अनुप्रयोग द्वारा जल उपचार के लिए भारी धातु हटाने पर एक व्यापक समीक्षा। जर्नल ऑफ पॉलीमर्स एंड एनवायरनमेंट
- अंजना, रतूडी जी, श्री एस, शर्मा ए, पनेसर पीएस, गोस्वामी एस. (2021) माइक्रोबियल पॉलीहाइड्रॉक्सीब्यूटाइरेट के उन्नत उत्पादन के लिए हालिया दृष्टिकोण: बायोकंपोजिट्स और अनुप्रयोगों की तैयारी। इंटरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलॉजिकल मैक्रोमोलेक्यूलस 182 1650-1669।

Publications from CIAB

RESEARCH PAPERS

- ◆ Purohit A, Yadav S.K.* (2020) Characterization of a thermotolerant and acidophilic mannanase producing *Microbacterium* sp. CIAB417 for mannooligosaccharide production from agro-residues and dye decolorization. *International Journal of Biological Macromolecules* 163, 1154-1161
- ◆ Rai S., Kaur H., Kauldhar B.S., Yadav S.K.* (2020) A dual enzyme metal hybrid crystal for the direct transformation of whey lactose into a high value rare sugar D-tagatose: synthesis, characterization and a sustainable process. *ACS Biomaterials Science & Engineering* 6, (12), 6661-6670
- ◆ Thakur K, Kumar V, Kumar V, Yadav SK*. 2020. Genomic characterization provides genetic evidence for bacterial cellulose synthesis by *Acetobacter pasteurianus* RSV-4 strain. *International Journal of Biological Macromolecules* 156: 598-607.
- ◆ Paul S, Thakur N. S., Chandna S, Reddy Y. N., Bhaumik J.* (2021). Development of a light activatable lignin nanosphere based spray coating for bioimaging and antimicrobial photodynamic therapy, *Journal of Materials Chemistry B*, 9, 1592-1603.
- ◆ Chandna, S.; Thakur, N. S.; Kaur, R.; Bhaumik, J.* (2020) "Lignin-Bimetallic Nanoconjugate Doped pH-Responsive Hydrogels for Laser-Assisted Antimicrobial Photodynamic Therapy", *Biomacromolecules*, 21, 3216-3230.
- ◆ 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.
- ◆ Kaushal G, Rai AK, Singh SP* (2021) A novel β -glucosidase from a hot-spring metagenome shows elevated thermal stability and tolerance to glucose and ethanol. *Enzyme and Microbial Technology* 145, 109764
- ◆ Joshi N, Kaushal G, Singh SP* (2021) Biochemical characterization of a novel thermo-halo-tolerant GH5 endoglucanase from a thermal spring metagenome. *Biotechnology and Bioengineering* 118:1531-1544
- ◆ Thakur M, Sharma N, Rai AK, Singh SP* (2021) A novel cold-active type I pullulanase from a hot-spring metagenome for effective debranching and production of resistant starch. *Bioresource Technology* 320, 124288
- ◆ Sharma M, Sangwan RS, Khatkar BS, Singh SP* (2021) Development of a prebiotic oligosaccharide rich functional beverage from sweet sorghum stalk biomass. *Waste and Biomass Valorization* 12, 2001-2012
- ◆ Chourasia R, Padhi S, Phukon LC, Abedin MM, Singh SP*, Rai AK* (2020) A potential peptide from soy cheese produced using *Lactobacillus delbrueckii* WS4 for effective inhibition of SARS-CoV-2 main protease and S1 glycoprotein. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 7: 601753
- ◆ Sharma N, Kumar J, Abedin MM, Sahoo D, Pandey A, Rai AK*, Singh SP* (2020) Metagenomics revealing molecular profiling of community structure and metabolic pathways in natural hot springs of the Sikkim Himalaya. *BMC Microbiology* 20, 246
- ◆ Kaushal G, Singh SP* (2020) Comparative genome analysis provides shreds of molecular evidence for reclassification of *Leuconostoc mesenteroides* MTCC10508 as a strain of *Leu. Suonicum*. *Genomics* 112(6), 4023-4031
- ◆ S. Kumar, M. M. Devi, S. K. Kansal and S. Saravanamurugan, 'Untangling the Active Sites in Exposed Crystal Facet of Zirconium Oxide for Selective Hydrogenation of Bioaldehydes,' *Catal. Sci. Technol.* 10 (2020) 7016-7026.
- ◆ H. Wu, W.Dai, S. Saravanamurugan, Z.Yu, H.Li and S.Yang, 'Endogenous X-C=O species enable catalyst-free formylation prerequisite for CO₂ reductive upgrading', *Green Chem.* 22 (2020) 5822-5832.
- ◆ M Singh, N Pandey, BB Mishra,* 2020. A divergent approach for the synthesis of (hydroxymethyl)furfural (HMF) from spent aromatic biomass-derived (chloromethyl)furfural (CMF) as a renewable feedstock, *RSC Advances* 10, 45081.
- ◆ Singh S, Kaur D, Yadav SK, Krishania M* (2021), Process scale-up of an efficient acid-catalyzed steam pretreatment of rice straw for xylitol production by *C. tropicalis* MTCC 6192. *Bioresource Technology*, 124422.
- ◆ Singla G, Singh U, Sangwan R.S., Panesar P.S, Krishania M* (2021) Comparative study of various processes used for removal of bitterness from kinnow pomace and kinnow pulp residue. *Food Chemistry* 335 (127643), 1-9.
- ◆ Singla G, Panesar PS, Sangwan RS, Krishania M* (2020), Enzymatic debittering of *Citrus reticulata* (Kinnow) pulp residue and its utilization for the preparation of vermicelli. *J. Food Process Preserv.* <https://doi.org/10.1111/jfpp.15135>.
- ◆ Singla G, Panesar PS, Sangwan RS, Krishania M* (2020) Enzymatic processing of *Citrus reticulata* (Kinnow) pomace using naringinase and its valorization through preparation of nutritionally enriched pasta. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.
- ◆ Kaur D, Singla G, Singh U, Krishania M* (2020), Efficient process engineering for extraction of hemicellulose from corn fiber and its characterization. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 100011.
- ◆ Sharma A, Mandal T, Goswami S (2021) Fabrication of cellulose acetate nanocomposite films with lignocellulosic nanofiber filler for superior effect on thermal, mechanical and optical properties. *Nano-Structures & Nano-Objects*
- ◆ Sharma A, Mandal T, Goswami S (2021) Dispersibility and stability studies of cellulose nanofibers: implications for nanocomposite preparation. *Journal of Polymers and the Environment* (2020).
- ◆ Rai S K, Kumar V, Yadav SK* (2021). Development of recyclable magnetic cross-linked enzyme aggregates for the synthesis of high value rare sugar d-tagatose in aqueous phase catalysis. *Catalysis Science & Technology* 11, 2186 – 2194
- ◆ Purohit A, Singh G, Yadav SK* (2021). Chimeric bi-functional enzyme possessing xylanase and deacetylase activity for hydrolysis of agro-biomass rich in acetylated xylan. *Colloids Surf B Biointerfaces*. Doi: 10.1016/j.colsurfb.2021.111832
- ◆ Kumar V, Sharma DK, Sandhu PP, Jaduan J, Sangwan RS, Yadav SK* (2021), Sustainable process for the production of cellulose by an *Acetobacter pasteurianus* RSV-4 (MTCC 25117) on whey medium. *Cellulose* 28, 103-116
- ◆ Khubber S., Chaturvedi K., Thakur N., Sharma N., Yadav S.K.* (2021). Low-methoxyl pectin stabilizes low-fat set yoghurt and improves their physicochemical properties, rheology, microstructure and sensory liking. *Food Hydrocolloids*. 111, 106240
- ◆ Kauldhar BS, Sooch BS, Rai SK, Kumar V, Yadav SK* (2021) Recovery of nanosized silica and lignin from sugarcane bagasse waste and their engineering in fabrication of composite membrane for water purification. *Environmental Science and Pollution Research* 28, 7491-7502

REVIEW PAPERS

- ◆ Kirar, S.; Thakur, N. S.; Reddy Y. N., Banerjee, U. C., Bhaumik, J. Insights on the polypyrrole based nanoformulations for photodynamic therapy, *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines*, 2021, doi.org/10.1142/S1088424621300032.
- ◆ Bhardwaj, S. K.; Singh, H.; Deep, A.; Khatrri, M.; Bhaumik, J. Kim, K.-H.; Bhardwaj, N UVC-Based Photoinactivation as an Efficient Tool to Control the Transmission of Coronaviruses, *Science of The Total Environment* 2021, 792, 148548.
- ◆ Hunjan, M. K.; Panday, S.; Gupta, A.; Bhaumik, J.; Das, P. Laha, J. K. Recent advances in functionalization of pyrroles and their translational potential, *The Chemical Record*, 2021, 21, 715-780
- ◆ Bhardwaj, S. K.; Bhardwaj, N.; Kumar, V. Bhatt, D.; Azzouz, A.; Bhaumik, J.; Kim, K.-H.; Deep, A. Recent progress in nanomaterial-based sensing of airborne viral and bacterial pathogens, *Environment International*, 2021, 146, 106183.
- ◆ Chourasia R, Abedin MM, Phukon LC, Sahoo D, Singh SP*, Rai AK* (2021) Biotechnological approaches for the production of designer cheese with improved functionality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20:960-979
- ◆ Garg M, Sharma A, Vats S, Tiwari V, Kumari A, Mishra V, Krishania M (2021), Vitamins in cereals: Critical review of content, health effects, processing losses, bioaccessibility, fortification and biofortification strategies for their improvement. *Frontier in Nutrition* 8, 254.
- ◆ Sharma A, Anjana, Rana H, Goswami S (2021) A Comprehensive Review on the Heavy Metal Removal for Water Remediation by the Application of Lignocellulosic Biomass Derived Nanocellulose. *Journal of Polymers and the Environment*
- ◆ Anjana, Raturi G, Shree S, Sharma A, Panesar PS, Goswami S. (2021) Recent approaches for enhanced production of microbial polyhydroxybutyrate: Preparation of biocomposites and applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 182 1650-1669.

पेटेंट दिया गया

- ♦ जे. भौमिक, वाई.एन. रेड्डी, एन.एस. ठाकुर और एस. चांदना, स्केलेबल तरीके से पॉलीपायरोलिक यौगिकों को विकसित करने के लिए सरल और एक-पाट प्रक्रियाएं और प्रकाश संचयन अनुप्रयोगों के लिए प्रकाश संश्लेषक नैनोपिंगमेंट बनाने वाले इनकैप्सुलेशन या संयुग्मन के माध्यम से उनके नैनो फॉर्मूलेशन का विकास; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 201811044076। (पेटेंट दिया गया: संख्या 374672)
- ♦ चीनी और डेयरी उद्योगों के उप-उत्पादों से कार्यात्मक जैव-अणुओं के उत्पादन की एक प्रक्रिया। पेटेंट आवेदन संख्या 201711006155; पेटेंट संख्या: 353513 में। आविष्कारक: सिंह एसपी, लता के, शर्मा एम, पटेल एसएन, सांगवान आरएस
- ♦ प्रीबायोटिक कार्बोहाइड्रेट बायोमोलेक्यूल्स से समृद्ध एक कार्यात्मक रस में केले के स्यूडोस्टेम अर्क के बायोट्रांसफॉर्म के लिए एक प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट संख्या 201711009819; पेटेंट संख्या IN 360411. आविष्कारक: सिंह एसपी, शर्मा एम, पटेल एसएन, सांगवान
- ♦ फोडस्टॉक युक्त डी-फ्रुक्टोज से डी-ऑल्लुलोज उत्पादन के लिए एक नई विधि, और उसका उपयोग। पेटेंट आवेदन संख्या 201811023113. पेटेंट संख्या: 353054 में। आविष्कारक: सिंह एसपी, पटेल एस एन
- ♦ विभिन्न फैटी एसिड और उनके सरल शुद्धिकरण के साथ एल-एस्कॉर्बिक एसिड के रासायनिक एस्टरीफिकेशन द्वारा खाद्य ग्रेड 6-ओ-एस्कॉर्बिल एस्टर के उत्पादन के लिए एक बेहतर प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट आवेदन-नंबर 201811000397, स्थिति: दी गई, पेटेंट संख्या। 346078, दिनांक-एड 04/09/2020।
- ♦ पेटेंट दायर (201811000749): कॉर्नविटा मकई फाइबर और डेयरी मट्टा से उत्पाद के रूप में या डेरिवेटिव की उत्पादन प्रक्रिया और इसके उपयोग। (2018)। आविष्कारक: कृष्णिया एम, सांगवान आरएस, दलवीर के, सिंगला जी. (पेटेंट संख्या 348500)
- ♦ पेटेंट दिया गया: “सेल्यूलोज नैनोफाइबर के उत्पादन की प्रक्रिया” आवेदन संख्या: 201911016698

पेटेंट दायर

- ♦ जे. भौमिक, एस. ब्रती, वाई.एन. रेड्डी, एस. चांदना, एस. पॉल, आर. कौर, एस.अग्रवाल और एस चंद्र। लिग्निन आधारित पॉलीपीरोल नैनोफॉर्मलेशन, SARS-CoV-2 के खिलाफ अत्यधिक प्रभावी एंटीवायरल एजेंट के रूप में। भारतीय अर्नातिम पेटेंट आवेदन संख्या: 202111014735।
- ♦ जे. भौमिक, एस. के. भारद्वाज, वाई.एन. रेड्डी और आर. कौर, लाइट एक्टिवेट-सक्षम पॉलीपायरोलिक धातु कार्बनिक ढांचा कंपोजिट और इसके अनुप्रयोग; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 202011028994।
- ♦ जे. भौमिक, एन.एस. ठाकुर, एस. पॉल और वाई.एन. रेड्डी, “वन पॉट, एग्री-बायोमास लिग्निन व्युत्पन्न फ्लोरोसेंट धातु नैनोक्लस्टर का ग्रीन-संश्लेषण और उनके अनुप्रयोग”; भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या: 202011028996।
- ♦ हॉर्ट स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नया ज़ाइलोज आइसोमरेज और उसका उपयोग करता है। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 202011050295। आविष्कारक: सिंह एसपी, पटेल एस.एन।
- ♦ एक थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नए β -ग्लूकोसिडेज को नियोजित करके ग्लाइकोसाइड बायोमोलेक्यूल्स के हाइड्रोलिसिस की एक विधि। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 202011037510 आविष्कारक: सिंह एसपी, कौशल जी।
- ♦ थर्मल स्प्रिंग मेटाजीनोम से एक नए एंडोग्लुकेनेस को नियोजित करके सेल्यूलोज हाइड्रोलिसिस की एक विधि और उसका उपयोग करता है। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 202011021885। आविष्कारक: सिंह एसपी, जोशी नं,
- ♦ बैसिलस एसपी. मूल के डी-ऑल्लुलोज 3-एपिमेरेज का उपयोग करके मधुमेह विरोधी चीनी, डी-ऑल्लुलोज के उत्पादन के लिए एक नई प्रक्रिया। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 202011018495। आविष्कारक: सिंह एसपी, पटेल एस एन।
- ♦ करक्युमिन फोर्टिफाइड व्हे प्रोटीन पाउडर। आविष्कारक: मिश्रा बीबी, कुमार वी, यादव एसके, पांडे एन, सिंह एम, नेगी पी। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या 201911037518, दिनांक 17/09/2020।
- ♦ सिट्रोनेला (सिंबोपोगोन विंटरियनस) आवश्यक तेल में मच्छर भगाने वाले पैरा-मैथेन-3,8-डायोल के स्वस्थानी संवर्धन। आविष्कारक: मिश्रा बीबी, सिंह एम, पांडे एन। भारतीय पेटेंट आवेदन संख्या। 202111012965, दिनांक 25/03/2021।
- ♦ पेटेंट फाइल (202011054929): कोकोआ मक्खन के विकल्प के रूप में मैंगो बटर के साथ चॉकलेट बनाने की प्रक्रिया और उसका उपयोग। (2020) आविष्कारक: कृष्णिया एम, कंसल एसके, गर्ग एम।

Patents from CIAB

Patents Granted

- ◆ 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. (Patent granted: no. 374672)
- ◆ A process for the production of functional biomolecules from by-products of sugar and dairy industries. Indian Patent Appl. No. 201711006155; Patent number: IN 353513. Inventors: Singh SP, Lata K, Sharma M, Patel SN, Sangwan RS
- ◆ A process for biotransformation of banana pseudostem extract into a functional juice enriched with prebiotic carbohydrate biomolecules. Indian Patent Appl. No. 201711009819; Patent No. IN 360411. Inventors: Singh SP, Sharma M, Patel SN, Sangwan RS
- ◆ A novel method for D-allulose production from D-fructose containing feedstock, and uses thereof. Patent Appl. No. 201811023113. Patent Number: IN 353054. Inventors: Singh SP, Patel SN
- ◆ An improved process for production of food grade 6-O-ascorbyl esters by chemical esterification of L-ascorbic acid with various fatty acids and their simple purification, Indian Patent Application No. 201811000397, Status: Granted, Patent no. 346078, dated 04/09/2020.
- ◆ Patent filed (201811000749): Cornvita as a product from corn fiber and dairy whey in any form or its derivatives process of its production and uses thereof. (2018). Inventors: Krishania M, Sangwan RS, Dalveer K, Singla G. (Patent no. 348500)
- ◆ Patent granted: "Process for production of cellulose nanofibers" Application number: 201911016698

Patents filed

- ◆ 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 provisional 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
- ◆ 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
- ◆ A novel xylose isomerase from hot spring metagenome and uses thereof. Indian Patent Appl. No. 202011050295. Inventors: Singh SP, Patel SN
- ◆ A method of hydrolysis of glycoside biomolecules by employing a novel β -glucosidase from a thermal spring metagenome. Indian Patent Appl. No. 202011037510 Inventors: Singh SP, Kaushal G
- ◆ A method of cellulose hydrolysis by employing a novel endoglucanase from thermal spring metagenome and uses thereof. Indian Patent Appl. No. 202011021885. Inventors: Singh SP, Joshi N
- ◆ A novel process for the production of the anti-diabetic sugar, D-allulose, by using a D-allulose 3-epimerase of *Bacillus* sp. origin. Indian Patent Appl. No. 202011018495. Inventors: Singh SP, Patel SN
- ◆ Curcumin fortified whey protein powder. Inventors: Mishra BB, Kumar V, Yadav SK, Pandey N, Singh M, Negi P. Indian patent application No. 201911037518, Dated 17/09/2020.
- ◆ In situ enrichment of mosquito repellent para-menthane-3,8-diols in *Citronella* (*Cymbopogon winterianus*) essential oil. Inventors: Mishra BB, Singh M, Pandey N. Indian patent application No. 202111012965, Dated 25/03/2021.
- ◆ Patent filed (202011054929): Process for the preparation of chocolate with mango butter as a substitute for cocoa butter and use thereof. (2020) Inventors: Krishania M, Kansal SK, Garg M.

बाह्य अनुदान और अनुदान

EXTRAMURAL GRANTS AND FUNDINGS

सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता

INVITED TALKS BY FACULTY

बाह्य अनुदान और अनुदान

- ◆ डीएसटी-एग्रोटैक के तहत 'एग्रो-बायोमास व्युत्पन्न' शीर्षक से शुरू की गई परियोजना लिग्निन आधारित कम लागत वाली, जल प्रतिरोधी, स्वयं सफाई करने वाली नैनोफिल्म्स' (अवधि 2 वर्ष, बजट: 60 लाख रुपये)।
- ◆ डीबीटी परियोजना टी/पीआर17586/पीएफएन/20/1195/2016 (2017-2020): एक नोबेल मीठे ज्वार से कार्यात्मक उत्पाद के उत्पादन का दृष्टिकोण। अनुदान- रु. 83.81 लाख। पूरा हुआ
- ◆ बीआईआरएसी - पंजाब स्टेट बायोटेक कॉर्पोरेशन /145 (2020; छह महीने) विकास के लिए एक कार्यात्मक घटक डी-ऑलुोज का उत्पादन कम कैलोरी वाले खाद्य उत्पादों की। अनुदान : 10 लाख। पूरा हुआ
- ◆ बीआईआरएसी - पंजाब स्टेट बायोटेक कॉर्पोरेशन/146 (2020; छह महीने) आलु प्रसंस्करण अपशिष्ट और परिवर्तन से स्टार्च का निष्कर्षण प्रतिरोधी स्टार्च अणुओं में। अनुदान : 10 लाख। पूरा हुआ
- ◆ डीबीटी परियोजना बीटी/पीआर31829/एनडीबी/39/649/2019 (2020-2023) अन्वेषण पारंपरिक से देशी सूक्ष्मजीवों और जैव उत्प्रेरकों की लैक्टोज के विकास के लिए सिक्किम हिमालय के किण्वित उत्पाद मुक्त और बायोएक्टिव पेप्टाइड समृद्ध दूध आधारित कार्यात्मक उत्पाद। अनुदान: 116 लाख। चल रही है
- ◆ कंसल्टेंसी रिसर्च प्रोजेक्ट जिसका शीर्षक है 'कटीन्यूअस-फ्लो ट्रांसफॉर्मेशन ऑफ बायोमास-व्युत्पन्न ऑक्सीजेनेट्स टू मिथाइल विनाइल ग्लाइकोलेट विद एसएन-बीटा कैटालिस्ट्स: दीर्घकालिक स्थिरता में एक अध्ययन और एसएन-बीटा को निष्क्रिय करना' को हल्द्वर टोपसो, डेनमार्क द्वारा वित्त पोषित किया गया है (28.06 लाख) - जारी (दिसंबर 2020)।
- ◆ एक पानी में घुलनशील करक्यूमिनोइड पाउडर का विकास हेल्थ एडिटिव, फंडिंग एजेंसी: पंजाब स्टेट बायोटेक कॉर्पोरेशन सेन, डीबीटी के तहत।
- ◆ मूल्य वर्धित उत्पाद विकास के लिए चावल के अवशेषों का उपयोग (सीआईएबी फ्लैगशिप प्रोजेक्ट), डीबीटी-फ्लैगशिप प्रोग्राम (बीटी/सीआईएबी फ्लैगशिप/2018)- मूल्य वर्धित चावल के अवशेषों का उपयोग उत्पाद विकास
- ◆ माइक्रोएल्गे से नैनोसेल्युलोज का निष्कर्षण और आकलन और प्रोटीन आधारित बायोमैटेरियल्स के लिए साइनोबैक्टीरिया और स्केल अप बैक्टीरिया" रिलायंस इंडस्ट्रीज लिमिटेड द्वारा, रु 50 लाख (लगभग)।
- ◆ कृषि-बायोमास व्युत्पन्न लिग्निन आधारित कम लागत, जल प्रतिरोधी, प्रौद्योगिकी विकास कार्यक्रम के तहत "स्व-सफाई नैनो फिल्म" डीएसटी का। लगभग 60 लाख।

सीआईएबी संकाय द्वारा आमंत्रित वार्ता

- ◆ भौमिक, जे. एग्री-बायोमास व्युत्पन्न कार्यात्मक नैनोमटेरियल्स और सतत भविष्य के लिए नैनोफोटोपिगमेंट, ऑनलाइन उत्सव अंतर्राष्ट्रीय महिला दिवस के अवसर पर, एनआईपीआईआर हैदराबाद, 2021, 8 मार्च, 2021
- ◆ भौमिक, जे. कृषि-बायोमास आधारित लिग्निन का तेजी से रूपांतरण जैविक और औद्योगिक अनुप्रयोगों के लिए कार्यात्मक नैनो सामग्री, "सस्टेनेबल की ओर लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास का मूल्यांकन" ईंधन, रसायन और सामग्री, (ऑनलाइन) डॉ. बी आर अम्बेडकर राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान। जालंधर, 18-22 सितंबर, 2020
- ◆ भौमिक, जे. एग्री-बायोमास लिग्निन आधारित कार्यात्मक नैनोमटेरियल्स कोटिंग अनुप्रयोगों में, कृषि में नैनो-तकनीकी हस्तक्षेप-खाद्य उद्योग", (ऑनलाइन) राष्ट्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी उद्यमिता और प्रबंधन संस्थान, सोनीपत, 06 अक्टूबर, 2020
- ◆ भौमिक, जे. "कृषि-बायोमास-आधारित लिग्निन का कार्यात्मक में रूपांतरण" नैनोमटेरियल्स", एकीकृत पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन इंजीनियरिंग में अंतःविषय नवाचार, (ऑनलाइन) 28 अगस्त, 2020, पंजाब यूनिवर्सिटी, चंडीगढ़।
- ◆ भौमिक, जे. "लिग्निन व्युत्पन्न जिक ऑक्साइड नैनोकम्पोजिट्स वादा के रूप में" रोगाणुरोधी सनस्क्रीन के लिए योजक", कृषि प्रौद्योगिकियां प्रधान वैज्ञानिक के कार्यालय द्वारा सुगम प्रस्तुतियां सलाहकार और नैसकॉम द्वारा आयोजित, 25 जुलाई, 2020 ऑनलाइन के माध्यम से वेबिनार।
- ◆ भौमिक, जे. "एग्री-बायोमास आधारित लिग्निन व्युत्पन्न का विकास" कोटिंग अनुप्रयोगों के लिए कार्यात्मक नैनोमटेरियल्स", कृषि प्राचार्य के कार्यालय द्वारा सुगम प्रौद्योगिकी प्रस्तुतीकरण वैज्ञानिक सलाहकार और नैसकॉम द्वारा आयोजित, 11 जुलाई, 2020 ऑनलाइन वेबिनार के माध्यम से।
- ◆ डॉ. सुधीर पी. सिंह ने पुनश्चर्या पाठ्यक्रम में आमंत्रित भाषण दिया जैव प्रौद्योगिकी के युग पर: जैव प्रौद्योगिकी विभाग, एकेएस द्वारा आयोजित जैव प्रौद्योगिकी में अग्रिमों की शिक्षा द्वारा नवाचार विश्वविद्यालय, सतना, 3 सितंबर-28 अक्टूबर, 2020 के दौरान
- ◆ डॉ. सुधीर पी. सिंह ने कृषि प्रौद्योगिकी में एक आमंत्रित भाषण दिया प्राचार्य के कार्यालय द्वारा प्रस्तुत प्रस्तुतियां नैसकॉम फाउंडेशन के साथ साझेदारी में वैज्ञानिक सलाहकार। जुलाई से अगस्त, 2020
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने 'सस्टेनेबल' शीर्षक से एक भाषण दिया मूल्य के लिए बायोमास आधारित सबस्ट्रेट्स का उत्प्रेरक परिवर्तन-बायोएनेर्जी पर 5वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में रसायन जोड़ा गया, पर्यावरण और सतत प्रौद्योगिकियां (आइकनबायो 2021) और बायोप्रोसेकिंग (आइकनबायो) पर अंतर्राष्ट्रीय ई-सम्मेलन का आयोजन जैव प्रौद्योगिकी विभाग, अरुणाई इंजीनियरिंग द्वारा कॉलेज, तिरुवन्नामलाई 29 - 30 जनवरी 2021 (वेबिनार) के दौरान।
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने 'बायोमास वेलोराइजेशन: शीर्षक से एक भाषण दिया। सबस्ट्रेट्स का रसायनों में चयनात्मक उत्प्रेरक रूपांतरण" "एक जागरूकता कार्यक्रम - हरित इंजीनियरिंग अवधारणाओं और ग्रामीण क्षेत्र में किसानों के लिए उपचार के तरीके" द्वारा आयोजित केमिकल इंजीनियरिंग विभाग, पावई इंजीनियरिंग कॉलेज, नमक्कल 09 - 14 नवंबर 2020 (वेबिनार) के दौरान।
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने विभाग द्वारा आयोजित एक दिवसीय राष्ट्रीय स्तर के वेबिनार में 'सेलेक्टिव ट्रांसफॉर्मेशन ऑफ बायोमास-व्युत्पन्न सबस्ट्रेट टू केमिकल्स' नामक एक वार्ता दी। रसायन विज्ञान, डॉ एमजीआर शैक्षिक और अनुसंधान संस्थान, चेन्नई 9 अक्टूबर 2020 (वेबिनार) को।
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने 'रसायनों के लिए सतत फीडस्टॉक्स का उत्प्रेरक मूल्यांकन' शीर्षक से एक वार्ता ऑनलाइन शॉर्ट- टर्म कोर्स (ई-एसटीसी) पर 'लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास के मूल्यांकन' द्वारा आयोजित टिकाऊ ईंधन, रसायन और सामग्री की ओर ऊर्जा और पर्यावरण केंद्र, डॉ. बी.आर. अम्बेडकर राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, जालंधर, भारत, 18-22 सितंबर के दौरान 2020 (वेबिनार)।
- ◆ डॉ. एस. सरवनमुरुगन ने एक ऑनलाइन वार्ता दी जिसका शीर्षक था 'नैनोपोरस जिओलाइट्स और नैनो जिरकोनिया सस्टेनेबल केमिकल्स के उत्पादन के लिए उत्प्रेरक के रूप में' यूजीसी-मानव संसाधन विकास केंद्र, पंजाब विश्वविद्यालय, पंजाब द्वारा 11 तारीख को आयोजित सितंबर 2020 (वेबिनार)।
- ◆ डॉ. मीना ने कृषि प्रौद्योगिकियों के लिए एक आमंत्रित भाषण दिया नैसकॉम के साथ साझेदारी में पीएसए के कार्यालय से प्रस्तुति फाउंडेशन और एनएसआरसीईएल, 2020
- ◆ डॉ. भुवन मिश्रा ने '6-ओ-एस्कॉर्बी' विषय पर एक आमंत्रित भाषण दिया एस्टर और उनका सरल शुद्धिकरण 'कृषि प्रौद्योगिकी में' प्रस्तुतीकरण किसानों के मित्र कार्यालय द्वारा सुगम किया गया के साथ साझेदारी में प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार की नैसकॉम फाउंडेशन दिनांक 22/08/2020 को।
- ◆ डॉ. भुवन मिश्रा ने 'घ्राण' विषय पर एक आमंत्रित व्याख्यान दिया कृषि प्रौद्योगिकी में कम मूल्य के आवश्यक तेलों का मूल्यवर्धन' प्रस्तुतीकरण किसानों के मित्र कार्यालय द्वारा सुगम किया गया के साथ साझेदारी में प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार की नैसकॉम फाउंडेशन दिनांक 01/08/2020 पर।
- ◆ डॉ. भुवन मिश्रा ने 'करक्यूमिन' विषय पर एक आमंत्रित भाषण दिया कृषि प्रौद्योगिकी प्रस्तुतियों में 'स्वास्थ्य देखभाल के लिए एक उत्पाद के रूप में प्रमाणित ब्लैक प्रोटीन पाउडर' किसानों के दोस्तों को प्रधान वैज्ञानिक सलाहकार के कार्यालय द्वारा सुविधा प्रदान की गई दिनांक 11/07/2020 को नैसकॉम फाउंडेशन के साथ साझेदारी।
- ◆ डॉ. शाश्वत गोस्वामी ने वेस्ट टू वेल्थ पर व्याख्यान दिया: अनु लिग्नोसेल्यूलोसिक बायोमास वेलोराइजेशन की ओर दृष्टिकोण राष्ट्रीय रासायनिक प्रौद्योगिकी में अभिनव विकास पर सम्मेलन, (आईडीसीटी-2021), 19-20 मार्च, 2021, इंद्रप्रस्थ विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

Extramural Grants and Fundings

- ♦ Project initiated under DST-Agrotech with title 'Agro-biomass derived lignin based low-cost, water-resistant, self-cleaning nano-films' (duration 2 years, budget: Rs 60 lakhs).
- ♦ DBT project T/PR17586/PFN /20/1195/2016 (2017-2020): A novel approach of production of functional product from sweet sorghum. Grant- Rs. 83.81 lakhs. Completed
- ♦ BIRAC- Punjab State Biotech Corporation /145 (2020; six months) Production of D-allulose, a functional ingredient, for development of low-calorie food products. Grant: 10 Lakhs. Completed
- ♦ BIRAC- Punjab State Biotech Corporation /146 (2020; six months) Extraction of starch from potato processing waste and transformation into resistant starch molecules. Grant: 10 Lakhs. Completed
- ♦ 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.
- ♦ Consultancy research project entitled 'Continuous - Flow Transformation of Biomass-Derived Oxygenates to Methyl vinyl glycolate with Sn-Beta Catalysts: A Study into Long-Term Stability and Deactivation of Sn-Beta' has been funded by Haldor Topsoe, Denmark (28.06 Lakhs) - ongoing (Dec 2020).
- ♦ Development of water soluble curcuminoids powder for use as a health additive, Funding agency: Punjab State Biotech Corporation under SAEN, DBT.
- ♦ Utilization of Rice Residues for Value Added Product Development (CIAB Flagship Project), DBT-Flagship Program (BT/CIAB-Flagship/2018)- Utilization of Rice Residues for Value Added Product Development.
- ♦ Extraction and Estimation of Nanocellulose from Microalgae and Cyanobacteria & Scale up for protein-based biomaterials from bacteria" By Reliance Industries Ltd., For Rs. 50 lakh (approx).
- ♦ Agro-biomass derived lignin based low -cost, water -resistant, self-cleaning nano films" under Technology Development Programme of DST. Approx. 60 lakhs.

Invited Talks by CIAB Faculty

- ♦ Bhaumik, J. Agri-Biomass Derived Functional Nanomaterials and Nanophotopigments for Sustainable Future, online Celebration of International Women's Day, NIPER Hyderabad, 2021, March 8, 2021.
- ♦ Bhaumik, J. Rapid conversion of agri-biomass based lignin into functional nanomaterials for biological and industrial applications, "Valorization of lignocellulosic biomass towards sustainable fuels, chemicals and materials, (online) Dr. B R Ambedkar National Institute of Technology, Jalandhar, 18-22 September, 2020
- ♦ Bhaumik, J. Agri-biomass lignin based functional nanomaterials in coating applications, Nanotechnological Interventions in Agri-Food Industry', (online) National Institute of Food Technology Entrepreneurship & Management, Sonipat, October 06, 2020
- ♦ Bhaumik, J. "Conversion of Agri-biomass-based Lignin into Functional Nanomaterials", International Conference on Integrated Interdisciplinary Innovations in Engineering, (online) August 28, 2020, Panjab University, Chandigarh.
- ♦ Bhaumik, J. "Lignin Derived Zinc Oxide Nanocomposites as Promising Additive to Antimicrobial Sunscreen", Agriculture Technologies presentations facilitated by the office of the Principal Scientific Advisor and organized by NASSCOM, July 25, 2020 via online webinar.
- ♦ Bhaumik, J. "Development of Agri-Biomass based Lignin Derived Functional Nanomaterials for Coating Applications", Agriculture Technologies presentations facilitated by the office of the Principal Scientific Advisor and organized by NASSCOM, July 11, 2020 via online webinar.
- ♦ Dr. Sudhir P. Singh delivered an invited talk in a refresher Course on Era of Biotechnology: Innovate by Learning of Advances in Biotechnology organized by the Department of Biotechnology, AKS University, Satna, during 3 September-28 October, 2020
- ♦ Dr. Sudhir P. Singh delivered an invited talk in Agriculture Technologies presentations facilitated by the office of the Principal Scientific Adviser in partnership with the NASSCOM Foundation. July to August, 2020.
- ♦ Dr. S. Saravanamurugan delivered a talk entitled 'Sustainable Catalytic Transformation of Biomass-based Substrates to Value-Added Chemicals' in 5th International Conference on Bioenergy, Environment and Sustainable Technologies (BEST2021) & International E-Conference on Bioprospecting (ICONBIO) organized by the Department of Biotechnology, Arunai Engineering College, Tiruvannamalai during 29 - 30 January 2021 (webinar).
- ♦ Dr. S. Saravanamurugan delivered a talk entitled 'Biomass Valorisation: Selective Catalytic Conversion of Substrates to Chemicals' in "An Awareness Programme - Green Engineering Concepts and Treatment Methods for Farmers in Rural Area' organized by the Department of Chemical Engineering, Paavai Engineering College, Namakkal during 09 - 14 November 2020 (webinar).
- ♦ Dr. S. Saravanamurugan delivered a talk entitled 'Selective Transformation of Biomass-derived Substrate to Chemicals,' in a one-day national level webinar organised by the Department of Chemistry, Dr MGR Educational and Research Institute, Chennai on 9th October 2020 (webinar).
- ♦ Dr. S. Saravanamurugan delivered a talk entitled 'Catalytic Valorisation of Sustainable Feedstocks to Chemicals' Online Short-Term Course (e-STC) on 'Valorization of lignocellulosic biomass towards sustainable fuels, chemicals and materials' organised by Center for Energy and Environment, Dr. B.R. Ambedkar National Institute of Technology, Jalandhar, India, during 18th - 22th September 2020 (webinar).
- ♦ Dr. S. Saravanamurugan delivered an online talk entitled 'Nanoporous Zeolites and Nano Zirconia as Catalysts for the Production of Sustainable Chemicals' organised by UGC-Human Resource Development Centre, Panjab University, Panjab on 11th September 2020 (webinar).
- ♦ Dr. Meena delivered an invited talk for Agricultural Technologies presentation from the PSA's office in partnership with the NASSCOM Foundation and NSRCEL, 2020.
- ♦ Dr. Bhuwan Mishra delivered an invited talk on topic '6-O-ascorbic acid esters and their simple purification' in Agriculture Technologies Presentations Friends of the Farmers facilitated by the office of the PRINCIPAL SCIENTIFIC ADVISER in partnership with the NASSCOM Foundation on Date 22/08/2020.
- ♦ Dr. Bhuwan Mishra delivered an invited talk on topic 'Olfactory value addition to low value essential oils' in Agriculture Technologies Presentations Friends of the Farmers facilitated by the office of the PRINCIPAL SCIENTIFIC ADVISER in partnership with the NASSCOM Foundation on Date 01/08/2020.

- डॉ. साखता गोस्वामी ने जल शोधन में नैनोसेल्यूलोज के अनुप्रयोग पर व्याख्यान दिया। कार्बन सामग्री और नैनो प्रौद्योगिकी पर ऑनलाइन शिखर सम्मेलन-सीमैन-2020। अध्याय 2” 29 सितंबर, 2020 को
- एस. एलुमलाई. ऊर्जा और उत्पाद के लिए लिगोसेल्यूलोसिक बायोमास रसायन, (ऑनलाइन) डॉ बी आर अम्बेडकर राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान। जालंधर, 18-22 सितंबर, 2020
- एस. एलुमलाई. एआईसीटीई प्रायोजित एसटीटीपी कार्यक्रम “ग्रामीणों में किसानों के लिए हरित इंजीनियरिंग अवधारणा और उपचार के तरीके” पर एरिया” (ऑनलाइन) पावई इंजीनियरिंग कॉलेज, नमक्कल, 29 सितंबर 2020
- एस. एलुमलाई. एआईसीटीई प्रायोजित एसटीटीपी कार्यक्रम “ग्रामीणों में किसानों के लिए हरित इंजीनियरिंग अवधारणा और उपचार के तरीके” पर एरिया” (ऑनलाइन) पावई इंजीनियरिंग कॉलेज, नमक्कल, 31 अक्टूबर 2020
- एस. एलुमलाई. TEQIP-III प्रायोजित एसटीसी “अनुसंधान को कैसे परिभाषित करें” पर सतत डिजाइन, निर्माण में समस्याएं और समाधान के तरीके और एनजी इंजीनियरिंग” (ऑनलाइन) एनआईटी सिलचर, 24-28 अगस्त, 2020

पुरस्कार/वैज्ञानिक मान्यताएं

- डॉ. सुदेश कुमार यादव को भारत सरकार के जैव प्रौद्योगिकी विभाग (डीबीटी) द्वारा करियर विकास के लिए एस. रामचंद्रन-राष्ट्रीय जैव विज्ञान पुरस्कार-2020 से सम्मानित किया गया।
- डॉ. सुदेश कुमार को नासी -रिलायंस इंडस्ट्रीज से सम्मानित किया गया, अनुप्रयोग उन्मुख नवाचारों के लिए प्लेटिनम जुबली पुरस्कार (2020) जैविक विज्ञान में।
- डॉ. सुदेश कुमार यादव को नेशनल फेलो चुने गए, भारत विज्ञान अकादमी (नासी) द्वारा
- अकादमी पुरस्कार के लिए डॉ. सुदेश कुमार यादव का चयन द्विवार्षिक 2019-2020 के लिए (मान्यता पुरस्कार, संयंत्र सुधार) राष्ट्रीय कृषि विज्ञान अकादमी, भारत द्वारा
- डॉ. एस. सरवनमुरुगन को रॉयल सोसाइटी के फेलो के रूप में चुना गया था रसायन विज्ञान में (एफआरएससी), लंदन, यूके।
- डॉ. सुधीर पी. सिंह को सदस्य के रूप में चुना गया था, राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत द्वारा (एमएनएससी)
- श्री येदुला निखिलेश्वर रेड्डी ने आईसीएमआर सीनियर रिसर्च फेलोशिप हासिल किया है, फरवरी, 2021
- डॉ. नीरज सिंह ठाकुर स्विस सरकार उत्कृष्टता से सम्मानित विश्वविद्यालय में पोस्टडॉक्टोरल अनुसंधान करने के लिए छात्रवृत्ति जिनेवा, स्विट्जरलैंड, सितंबर, 2020
- डॉ. मीना को द कैटेलिसिस सोसाइटी ऑफ इंडिया (सीएसआई) की आजीवन सदस्यता दी गई है।
- डॉ. शशिकुमार एलुमलाई को द कैटेलिसिस सोसाइटी ऑफ इंडिया (सीएसआई) की आजीवन सदस्यता दी गई है।

- ◆ Dr. Bhuwan Mishra delivered an invited talk on topic 'Curcumin certified Whey Protein Powder as a product for health care' in Agriculture Technology Presentations Friends of the Farmers facilitated by the office of the PRINCIPAL SCIENTIFIC ADVISER in partnership with the NASSCOM Foundation on Date 11/07/2020.
- ◆ Dr. Saswata goswami delivered a talk on Waste To Wealth: An Approach Towards Lignocellulosic Biomass Valorization National Conference On Innovative Development In Chemical Technology, (IDCT-2021), 19th -20th March, 2021, Indraprastha University, New Delhi.
- ◆ Dr. Saswata goswami delivered a talk on Application Of Nanocellulose In Water Purification. Online Summit On Carbon Materials And Nanotechnology-Cman-2020| CHAPTER 2" On 29 Sept, 2020
- ◆ S. Elumalai. Lignocellulosic biomass to energy and product chemicals, (online) Dr. B R Ambedkar National Institute of Technology, Jalandhar, 18-22 September, 2020.
- ◆ S. Elumalai. AICTE sponsored STTP Programme on "Green Engineering Concepts and Treatment Methods for Farmers in Rural Area" (Online) Paavai Engineering College, Namakkal, 29 September 2020.
- ◆ S. Elumalai. AICTE sponsored STTP Programme on "Green Engineering Concepts and Treatment Methods for Farmers in Rural Area" (Online) Paavai Engineering College, Namakkal, 31 October 2020.
- ◆ S. Elumalai. TEQIP-III sponsored STC on "How to define Research Problems and Solving Methods in Sustainable Design, Manufacturing and Energy Engineering" (Online) NIT Silchar, 24-28th August, 2020.

Awards/Scientific recognitions

- ◆ Dr. Sudesh Kumar Yadav was conferred the S. Ramachandran-National Bioscience Award-2020 for Career Development by the Department of Biotechnology (DBT), Govt. of India
- ◆ Dr. Sudesh Kumar was conferred the NASI-Reliance Industries Platinum Jubilee Award (2020) for Application Oriented Innovations in Biological Sciences.
- ◆ Dr. Sudesh Kumar Yadav was elected as a fellow of The National Academy of Sciences, India (NASI)
- ◆ Dr. Sudesh Kumar Yadav was selected for the Academy Award for the Biennium 2019-2020 (Recognition Award, Plant Improvement) by the National Academy of Agricultural Sciences, India
- ◆ Dr. S. Saravanamurugan was elected as a Fellow of the Royal Society of Chemistry (FRSC), London, UK.
- ◆ Dr. Sudhir P. Singh was selected as a member of the National Academy of Science, India (MNASc)
- ◆ Mr Yeddula Nikhileshwar Reddy has secured ICMR Senior Research Fellowship, February, 2021
- ◆ Dr. Neeraj Singh Thakur awarded with Swiss Government Excellence Scholarship for pursuing postdoctoral research at University of Geneva, Switzerland, September, 2020.
- ◆ Dr. Meena has been given Life membership of The Catalysis Society of India (CSI).
- ◆ Dr. Sasikumar Elumalai has been given Life membership of The Catalysis Society of India (CSI).

इवेंट गैलरी

EVENTS

GALLERY



सीआईएबी का 8वां स्थापना दिवस: सीआईएबी ने अनुसंधान में 01-05-2020 को एक सफल यात्रा के आठ वर्ष पूरे किए

CIAB 8th Foundation Day: **CIAB** completes eight years of a successful journey in research On 01-05-2020

डॉ. सुधीर पी. सिंह, वैज्ञानिक-सी, सीआईएबी, को राष्ट्रीय विज्ञान अकादमी, भारत के सदस्य के रूप में चुना गया है
एमएनएससी

Dr. Sudhir P. Singh, Scientist-C, CIAB, has been selected as a member of The National Academy of Sciences, India

MNASc



सीआईएबी ने मनाया 74वां स्वतंत्रता दिवस

CIAB celebrated **74th** Independence Day



सीआईएबी ने मनाया हिंदी दिवस
हमारे संस्थान में 14 सितम्बर, 2020 को हिन्दी
व्याख्यान का आयोजन किया गया।

CIAB celebrate **HINDI DAY** A
Hindi lecture was organized in our insti-
tute on 14th September, 2020.



COVID-19 अभियान के लिए जन आंदोलन

Jan Andolan for **COVID-19**
Campaign

सतर्कता जागरूकता सप्ताह-2020

VIGILANCE Awareness
Week-2020 & Integrity Pledge



डॉ. सुदेश कुमार, वैज्ञानिक-एफ, सीआईएबी, को जैविक विज्ञान में अनुप्रयोग उन्मुख नवाचारों के लिए NASI-रिलायंस इंडस्ट्रीज प्लेटिनम जुबली अवार्ड (2020) के लिए चुना गया है।

डॉ. सुदेश, वैज्ञानिक - एफ, सीआईएबी को संबंधित अनुसंधान क्षेत्र में उनके योगदान के लिए जैव प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में दुनिया के शीर्ष 2% वैज्ञानिकों में से एक के रूप में मान्यता दी गई है।



Dr. Sudesh Kumar, Scientist-F, CIAB, is selected for the **NASI**-Reliance Industries Platinum Jubilee Award (2020) for Application Oriented Innovations in Biological Sciences.

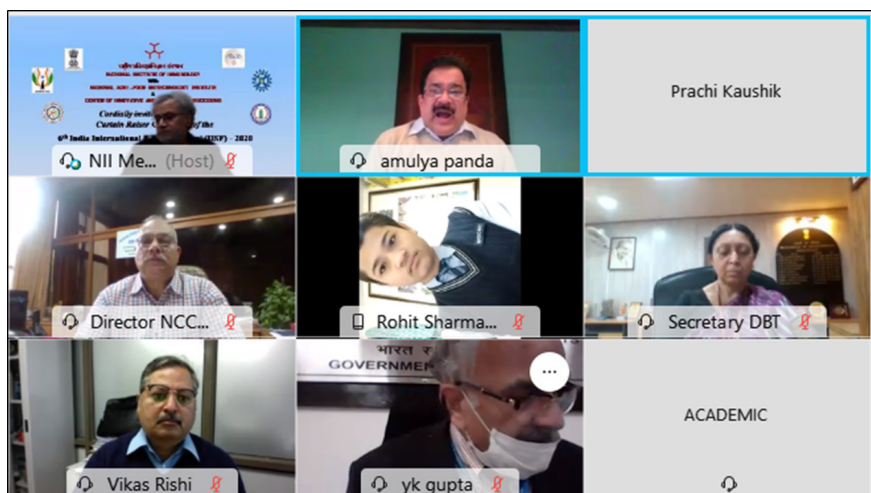
Dr. Sudesh, Scientist - F, CIAB has been recognized as among one of the

TOP 2%

scientists in the world in the field of Biotechnology for his contribution in the related research area.

सेंटर ऑफ़ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी) में संविधान दिवस मनाया जा रहा है।

SAMVIDHAN DIWAS is being celebrated at Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB).



DBT-CIAB ने DBT-NII और DBT-NABI के साथ 16 दिसंबर, 2020 को छठे भारत अंतर्राष्ट्रीय विज्ञान महोत्सव IISF-2020 के कर्टन रैज़र समारोह में भाग लिया।

DBT-CIAB along with DBT-NII and DBT-NABI has participated in Curtain Raiser Ceremony of the 6th India International Science Festival

IISF-2020

on 16th December, 2020

डॉ. सुदेश कुमार, वैज्ञानिक-एफ, सीआईएबी, को राष्ट्रीय कृषि विज्ञान अकादमी द्वारा द्विवार्षिक 2019-2020 (मान्यता पुरस्कार, प्लांट सुधार) के लिए अकादमी पुरस्कार के लिए चुना गया है। नास इंडिया

डॉ. सुदेश कुमार, वैज्ञानिक-एफ, सीआईएबी को एस. रामचंद्रन-राष्ट्रीय जैव विज्ञान पुरस्कार के लिए 2020 जैव प्रौद्योगिकी विभाग और भारत की सरकार द्वारा कैरियर विकास के लिए चुना गया है।



Dr. Sudesh Kumar, Scientist-F, CIAB, has been selected for the Academy Award for the biennium 2019-2020 (Recognition Award, Plant Improvement) by the National Academy of Agricultural Sciences

NAAS India

Dr. Sudesh Kumar, Scientist-F, CIAB, has been selected for the **S. RAMACHANDRAN-NATIONAL**

BIOSCIENCE AWARD

2020 for Career Development by the Department of Biotechnology and Govt. of India



Center of Innovative and Applied Bioprocessing (CIAB) celebrated **72nd**

REPUBLIC DAY

सेंटर ऑफ़ इनोवेटिव एंड एप्लाइड बायोप्रोसेसिंग (सीआईएबी) ने 72 वें दिन मनाया गणतंत्र दिवस



डीबीटी-सीआईबी ने 29 जनवरी, 2021 को डीबीटी-स्टार कॉलेजों के लिए वर्चुअल टूर का आयोजन किया है।

DBT-CIAB has organized a virtual tour on January 29, 2021 for

DBT-STAR colleges


DBT-Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 An Autonomous Institute of Department of Biotechnology, Govt. of India
 

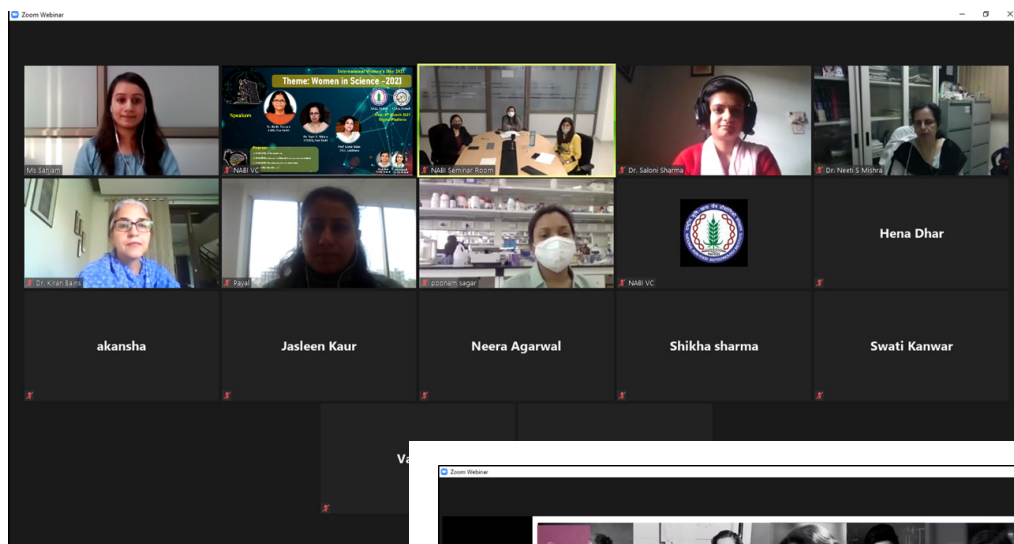


SCIENCE SETU PROGRAM 2021
 An initiative of DBT-CIAB to connect with DBT STAR College Partners
A virtual tour of DBT-CIAB
 January 29, 2021, 4 pm

- Sri Guru Tegh Bahadur Khalsa College, Ropar
- S.G.S. Khalsa College, Hoshiarpur
- Guru Nanak College, Mansa
- Dev Samaj College for Women, Ferozepur
- DAV College, Jalandhar
- Kamla Nehru College for Women, Phagwara

- Mata Gujri College, Fatehgarh Sahib
- DAV College, Amritsar
- DAV College, Abohar
- DAV College, Bathinda
- R. D. National College, Mumbai
- Nagpur Veterinary College, Nagpur

Contact: Dr. Jayeeta Bhaumik, jayeeta@ciab.res.in, 01725221539



अंतर्राष्ट्रीय महिला दिवस
2021 का उत्सव

Celebration of
International

**Women's
Day 2021**



21-03-2021 को डॉ. हर्षवर्धन द्वारा सीआईएबी भवन के 4-सितारा गृह प्रमाणन का अनावरण

Unveiling of the 4-Star GRIHA Certification of CIAB Building by

Dr. HARSH VARDHAN on 21-03-2021





इंस्टिट्यूट एकाउंट्स
इनफार्मेशन

Institute
ACCOUNTS
Information

SHAMMI GARG & CO.
Chartered Accountants

Web : www.sgargco.com

C/o Durga Bhai & Co
SCO 15, Sector 26,
Madhya Marg,
Chandigarh-160019
Cell : 9914728900
Email: Office@sgargco.com

AUDITORS' REPORT

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, 2021**, 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, 2021 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: 18.08.2021

For Shammi Garg & Co.
Chartered Accountants

(CA Shammi Garg)

Partner

Membership No. 095431

UDIN: 21045431AARAG25549

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 2021

(Amounts in Rs.)

CORPUS/ CAPITAL FUND AND LIABILITIES	Schedule	Current Year	Previous Year
Corpus/Capital Fund	1	58,13,99,807	57,84,30,193
Reserves and Surplus	2	1	1
Earmarked / Endowment/ Project Grants	3	1,96,12,625	3,07,04,525
Secured Loans and Borrowings	4	-	-
Unsecured Loans and Borrowings	5	-	-
Deffered Current Liabilities	6	-	-
Current Liabilities and Provisions	7	2,42,73,046	1,74,08,195
TOTAL		62,52,85,479	62,65,42,914
ASSETS	Schedule	Current Year	Current Year
Fixed Assets	8	49,95,90,255	47,81,61,380
Investments- from Earmarked/Endowment funds	9	-	-
Investments - Others	10	-	-
Current Assets, Loans & Advances etc.	11	12,56,95,224	14,83,81,534
TOTAL		62,52,85,479	62,65,42,914
Significant Accounting Policies	24		
Contingent liabilities and notes on accounts	25		


(SUNEEET VERMA) का
MANAGER FINANCE
 Center of Innovative & Applied Bioprocessing
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
 Govt. of India / भारत सरकार
 Dated: 18/08/2021
 Deptt. Place: Mohali जैवप्रौद्योगिकी विभाग
 Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


(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 - 160071, पंजाब, भारत / Mohali, Punjab, India

For **SHAMMI GARG & CO.**
CHARTERED ACCOUNTANTS


(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 099279

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 2021

(Amount in Rs.)

INCOME	Schedule	Current Year	Previous Year
Income from Sales/Services	12	-	-
Grants in aid /subsidies	13	9,00,00,000	7,17,00,000
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	42,25,542	61,67,807
Other Income	18	27,07,005	24,35,340
Increase/decrease in stock of finished goods & work-in-progress	19	-	-
TOTAL(A)		9,69,32,547	8,03,03,147
EXPENDITURE	Schedule	Current Year	Current Year
Establishment Expenses	20	2,04,08,957	2,31,88,118
Other Administrative Expenses	21	3,04,83,351	3,51,89,410
Research & Development Expenditure (Incl. Grants, Subsidies etc)	21A	2,46,09,789	2,13,51,896
Expenditure on grants, Subsidies etc.	22	-	-
Interest	23	-	-
Depreciation	8	6,42,52,072	6,26,37,372
TOTAL(B)		13,97,54,169	14,23,66,796
Balance (+)surplus/ ((-)deficit) (A-B)		-4,28,21,622	-6,20,63,649
Deficit carried to Schedule-7 (Payable to Government)			
Balance being surplus/ (deficit) carried to Capital Fund (Schedule 1)		-4,28,21,622	-6,20,63,649
Significant Accounting Policies	24		
Contingent liabilities and notes on accounts	25		

(SUNEET VERMA)
MANAGER FINANCE

Dated: 18/08/2021
Place: Mohali
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071

(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICE

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) - 160071, (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 31.03.2021

(Amounts in Rs.)

RECEIPT	Current Year	Previous Year	PAYMENT	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	2,07,12,442	2,21,09,403
i) In current accounts			2. Provision for Gratuity and leave encashment	25,98,604	
ii) In deposit Accounts	13,68,39,340	13,32,15,651	(b) Administrative Expenses		
iii) In Savings Accounts	57,98,849	49,70,902	(i) Travelling & conveyance expenses	66,897	6,88,220
II. Grants Received			(ii) Postage, Telephone & communication charges	3,04,346	3,22,795
(i) Capital Grant	3,00,00,000	6,00,00,000	(iii) Office and Admin Expenses	5,95,829	5,12,128
(ii) Revenue Grant	9,00,00,000	7,17,00,000	(iv) Advertisement & Publicity	13,68,143	9,00,842
			(v) Repair & Maintenance	15,88,683	17,61,055
			(vi) Printing & stationery	4,22,314	6,70,551
III. Other incomes and receipts			(vii) Outsourcing/CMCs/AMCs general	1,19,33,364	1,18,05,011
a) Tender Fees	23,545	74,474	(viii) Fees & Honorarium	4,38,065	6,29,633
b) Ph. D Fee	80,750	91,540	(ix) Electricity & Water charges	77,39,366	90,85,480
c) RTI Fee		502	(x) Workshop/Seminar Expenses	2,13,269	13,95,454
d) Interest received	50,72,261	56,86,012	(xi) Vehicles Running & maintenance	1,43,728	2,81,822
e) Overhead income from extra mural projects	8,35,648	4,21,695	(xii) Watch & Ward Expenses	16,24,786	14,57,897
f) Receivable from debtors	40,27,080				
g) Income from Sample analysis	30,331	36,100	(c) Research and Development Expenditure		
h) Rental Income	6,19,370	13,56,851	(i) Chemicals & Consumables	1,46,26,905	1,03,81,194
i) Technology Transfer		1,34,325	(ii) Fellowship and Stipend	71,90,551	72,73,759
j) Training Fee	1,50,850	4,57,785	(iii) Computer Software & Accessories	12,85,581	13,82,252
k) Others (Misc.)	9,57,359	79,006	(iv) Plantation & Horticulture expenses	-	13,36,344
i) Income From Consultancy Services	42,384		(v) Patent Filing Expenses	9,19,046	1,86,466
m) Application Fee	53,740		(vi) Research publication expenses	30,140	86,993
n) LD Charges	7,082		(vii) Recognition Fee & Membership fee	6,15,053	6,00,000
o) External projects and fellowships (Including interest earned)	1,84,28,240	1,67,17,980	II. Expenditure on Fixed Assets & Capital Work-in-Progress		
p) Caution Money deposited by students		5,000	(a) Purchase of Fixed Assets		
q) Staff Welfare fund	1,67,859	36,816	(i) Library Books	-	-
r) TDS refund received from IT Dept.	27,016	40,410.00	(ii) Scientific Equipments & Accessories	6,52,38,988	4,93,13,544
s) Refund of service tax		34,52,779	(iii) Computers and Peripherals	3,03,981	4,80,739
			(iv) Office Equipments	3,20,780	1,90,791
			(v) Office & Guest House Furniture	16,92,213	4,01,969
			(b) Expenditure on Main Campus Building		
			(i) Development of main campus	29,60,863	16,84,822
			III. Other Project Payments		
			(iii) External projects and fellowships	2,95,94,690	2,49,71,700
			IV. Other Payments		
			(i) Interest refunded to CFI	57,22,190	52,03,748
			(ii) TDS refund receivable from IT Dept.		1,000
			(iii) Earnest Money Deposits	12,36,000	80,950
			(iv) Security Deposits	1,27,592	6,43,078
			V. Closing Balance		
			a) Cash in Hand		
			b) Bank Balances		
			i) In Current Accounts		
			ii) In Deposit Accounts	10,47,56,566	13,68,39,340
			iii) In Savings Accounts	67,90,729	57,98,849
Grand Total	29,31,61,704	29,84,77,828	Grand Total	29,31,61,704	29,84,77,828

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS


SHAMMI GARG
PARTNER
Membership No. 095431



(SUNEEET VERMA)
MANAGER FINANCE

Center Dated: 18/08/2021 Applied Bioprocessing
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Place: Mohali
Govt. of India / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071



(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

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 31.03.2021

SCHEDULE-1
CORPUS/CAPITAL FUND

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
Balance as at the beginning of the year	57,84,30,193	55,06,19,800
Add : Contributions towards corpus/capital fund	3,00,00,000	6,00,00,000
Add : Fixed Assets Created out of Project Grants	1,43,21,236	2,98,74,041
Add : Gratuity & LE transferred to LIC	14,70,000	
Less/(Deduct) : balance of net expenses transferred from the income & expenditure a/c	-4,28,21,622	-6,20,63,649
BALANCE AS AT THE YEAR-END	58,13,99,807	57,84,30,193

SCHEDULE-2
RESERVES AND SURPLUS

(Amount in Rs.)

Particulars	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

For SHAMMI GARG & CO.
 CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
 PARTNER
 Membership No. 095431


 (SUNEET VERMA)

MANAGER FINANCE
 Manager (Finance) / प्रबंधक वित्त

Center of Innovative & Applied Bioprocessing
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
 Dated: 18/08/2021
 Place: Mohali / भारत सरकार
 Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
 Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071

(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

SCHEDULE 03- EARMARKED/ENDOWMENT / PROJECT GRANTS

Sr. No.	Project Name	Additions			TOTAL (a+b+c)	Utilization Expenditure					Total Expenses	Net Balance as on 31.03.2021
		a) Opening balance as on 01-04-2020	b) Additions during the Year	c) Accrued Interest / Interest Received		3) Capital Expenditure	Fellowships	Chemical & Consumable	Contingency Exp/Travel etc	Overhead Exp		
1	Innovation and Commercialization of Technologies for Improved Production and Enhanced Shelf Life of Tomato and Onion (GAP-03)	15,633.00			15,633.00							15,633.00
2	Transformation of agro residue rice straw - into biocharcoal, biopesticides, biofertilizers, bio-pesticides - with nanoparticles encapsulated antibiotics (GAP-07)	6,42,401.00		6,981.00	6,49,382.00		3,01,266.00	1,08,104.00			6,36,480.00	12,902.00
3	Chemical-free Processing of Kimmur Juice Industry for Value Added/Nutrient Products (GAP-09)	3,67,438.00		3,060.00	3,70,498.00	97,650.00	1,65,640.00				3,47,035.00	23,463.00
4	A novel approach of production of functional products from sweet sorghum (GAP-11)	2,99,831.00			2,99,831.00		1,34,809.00	34,338.00			2,99,831.00	-
5	Engineering Photosynthetic Nanoparticles for Efficient Valorization of Lignocellulosic Wastes (GAP-12)	4,63,190.00			4,63,190.00		1,34,355.00				4,63,190.00	-
6	Developing & Optimization of Fresh Produce Supply chain for the production of value added products from various food application (GAP-14)	7,92,143.00		8,912.00	8,01,055.00							8,01,055.00
7	Developing & Optimization of Fresh Produce Supply chain for the production of value added products from various food application (GAP-14)	4,54,492.00	6,50,261.00	15,500.00	11,20,653.00		3,68,740.00	1,99,505.00			6,43,245.00	4,77,408.00
8	Setting up of Secondary Agricultural Food Processing Enterprise/Network (Durgam-Chess-I (GAP-15)	1,31,70,167.00		68,077.00	1,32,38,244.00	99,00,000.00	5,77,142.00	10,69,974.00			1,15,47,116.00	16,91,128.00
9	Setting up of Rural Biotech Innovation and Application Centre (RBIAC) in Rural Area of Punjab (GAP-16)	49,22,332.00		1,29,200.00	50,51,532.00		3,05,464.00				3,05,464.00	47,46,068.00
10	Utilization of Rice Residues for Value Added Product Development (Lignin Exploitation) (GAP-18)	65,68,557.00		1,21,237.00	66,89,794.00	42,56,414.00	24,11,627.00	9,02,837.00	2,300.00		75,83,178.00	-8,93,384.00
11	BIOCS technology platform for integrated bioprocessing of agricultural residues for eco-sustainable production of biofuels and by-products (GAP-19)	9,30,549.00		17,598.00	9,48,547.00		3,72,166.00	1,56,576.00	6,062.00		5,34,804.00	4,13,743.00
12	Agreement for consultancy Research project (Transformation of biomass-derived glycolide into chemical products)	1,52,034.00	5,25,476.00		6,77,510.00		2,24,515.00	2,69,930.00	55,263.00	87,648.00	6,37,356.00	40,154.00
13	Exploration of native microorganisms and bioanalysis from traditional fermented products of Sidim (Kashmir) for development of waste free and bioactive peptide enriched with novel functional products (GAP-20)		17,33,040.00	23,848.00	17,56,888.00		1,71,452.00	5,81,601.00	5,850.00		7,58,903.00	9,97,985.00
14	Agro-biomass derived lignin based low-cost water-resistant, self-cleaning nano-films (GAP-21)		40,62,953.00	27,057.00	40,90,010.00		1,10,143.00		7,671.00		1,17,814.00	39,72,196.00
15	Skull Vegan Program		5,40,000.00		5,40,000.00							5,40,000.00
16	M/s Bista Private Limited, Jalandhar	10,00,000.00			10,00,000.00							
17	Production of D. albidus, a bioactive ingredient for development of low-calorie food product (EP-1)		9,50,000.00		9,50,000.00		1,35,367.00	2,43,482.00	2,20,670.00		5,99,519.00	3,50,481.00
18	Extraction of Starch from potato processing waste and transformation into resistant starch molecules (EP-2)		9,50,000.00		9,50,000.00		1,05,400.00	1,75,402.00	2,15,000.00		4,95,802.00	4,54,198.00
19	Development of water-soluble carboxymethyl powder from potato processing waste and transformation into resistant starch molecules (EP-2)		9,50,000.00		9,50,000.00		1,06,000.00	4,65,767.00			5,71,767.00	3,64,933.00
20	Transfer of Bioreactor Based Glycolysis with Protein-based Catalysts (EP-4)		27,88,843.00		27,88,843.00	57,172.00				4,67,776.00	5,24,948.00	22,63,895.00
21	Refined Project EP-5		10,65,223.00		10,65,223.00					1,77,537.00	1,77,537.00	8,87,686.00
22	DBT JRF/SRF Fellowship	67,857.00	8,50,785.00		9,18,642.00		8,38,607.00				8,38,607.00	80,035.00
23	DBT INSPIRE JRF/SRF Fellowship	8,15,403.00	8,71,520.00		16,86,923.00		8,82,505.00				8,82,505.00	8,04,418.00
24	ICMR Fellowship		4,36,667.00		4,36,667.00		4,36,667.00				4,36,667.00	-
25	INSPIRE Faculty Fellowship		15,24,000.00		15,24,000.00							15,24,000.00
26	CSIR-Fellowship	42,498.00	1,20,502.00		1,63,000.00		1,18,282.00				1,18,282.00	44,718.00
Total		3,07,04,525.00	1,80,05,970.00	4,22,270.00	4,91,35,765.00	1,43,21,236.00	77,81,865.00	44,05,888.00	5,12,816.00	18,79,639.00	2,95,20,140.00	1,96,12,625.00



For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS
(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 055411

श्री. अश्वनी पारीक, एडि. ऑफिस, आश्वनी पारीक
मुख्य कार्यवाही अधिकारी/उप मुख्य कार्यवाही अधिकारी
नवोन्मुखी एवम् अनुसंधान एवं प्रदर्शन केंद्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी)/सेक्टर-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत/मोहाली (Punjab), India

श्री. अश्वनी पारीक, एडि. ऑफिस, आश्वनी पारीक
मुख्य कार्यवाही अधिकारी/उप मुख्य कार्यवाही अधिकारी
नवोन्मुखी एवम् अनुसंधान एवं प्रदर्शन केंद्र
Center of Innovative and Applied Bioprocessing
जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
Department of Biotechnology, Govt. of India
सेक्टर-81 (नॉलेज सिटी)/सेक्टर-81 (Knowledge City)
मोहाली (पंजाब), भारत/मोहाली (Punjab), India

SCHEDULE-4
SECURED LOANS & BORROWINGS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. Central Government	-	-
2. State Government(specify)	-	-
3. Financial Institutions	-	-
a) term loans		-
b) Interest accrued and due		-
4. Banks	-	-
a) Term loans	-	-
-Interest accrued and due	-	-
b) Other loans(specify)	-	-
-Interest accrued and due	-	-
5. Other Institutions & agencies	-	-
6. Debentures & bonds	-	-
7. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-5
UNSECURED LOANS & BORROWINGS

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. Central Government	-	-
2. State Government(specify)	-	-
3. Financial Institutions	-	-
a) term loans		-
b) Interest accrued and due		-
4. Banks:	-	-
a) Term loans	-	-
-Interest accrued and due	-	-
b) Other loans(specify)	-	-
-Interest accrued and due	-	-
5. Other Institutions & agencies	-	-
6. Debentures & bonds	-	-
7. Others(specify)	-	-
TOTAL	-	-

Suneet Verma
(SUNEET VERMA)

MANAGER FINANCE
Manager (Finance) / प्रबंधक वित्त

Center of Innovative & Applied Bioprocessing
नवोन्मेष एवं अनुप्रयुक्त जीव-प्रसंस्करण केंद्र
Govt. of India / भारत सरकार

Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071

Dated: 18/08/2021

Place: Mohali

Ashwani Pareek
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेष एवं अनुप्रयुक्त जीव-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

6 of 19

M/S Shammi Garg & Co.
CHARTERED ACCOUNTANTS

Shammi Garg
(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431




SCHEDULE-6
DEFERRED CREDIT LIABILITIES

(Amount in Rs.)		
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Acceptances secured by hypothecation of capital equipment		-
2. Others		-
TOTAL	-	-

SCHEDULE-7
CURRENT LIABILITIES & PROVISIONS

(Amount in Rs.)		
Particulars	Current Year	Previous Year
A) CURRENT LIABILITIES		
1. Sundry Creditors		
a) For Goods/Services	46,76,966	38,38,168
b) For Securities	2,27,626	3,55,218
c) Earnest Money Deposit	5,68,000	18,04,000
d) Caution Money deposited by students	25,000	25,000
e) Staff Welfare fund	2,36,748	68,889
2. Interest accrued but not due on:		
a) Secured Loans/Borrowings		
b) Unsecured Loans/Borrowings		
3. Statutory Liabilities		
a) TDS Payable	2,61,459	2,47,381
b) GST Payable	67,752	21,180
b) Punjab Development Tax	3,000	2,400
4. Other Current Liabilities		
a) Manpower (Salary) Payable	22,06,331	24,12,436
i) NPS contribution	2,79,606	2,72,074
b) Other Expenses Payable	-	11,69,259
c) Interest refundable to CFI	50,20,904	57,22,190
d) PM Cares Fund	12,258	
TOTAL(A)	1,35,85,650	1,59,38,195
B) PROVISIONS		
1. Gratuity	56,82,863	6,45,568
2. Leave Encashment	50,04,533	8,24,432
TOTAL(B)	1,06,87,396	14,70,000
C) Amount transferred from General Reserve- Opening Balance		
D) Surplus being payable to Government - Opening Balance	-	-
Less- Loss of current year		
TOTAL(A+B)	2,42,73,046	1,74,08,195


(SUNEET VERMA)
Manager Finance / मैनेजर फाइनेंस
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Dated: 18/08/2021
Place: Mohali
Deptt. of Biotechnology / जैव प्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


(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-8
FIXED ASSETS

Sl. No.	Description	Depreciation Rate	GROSS BLOCK				DEPRECIATION			NET BLOCK		(Amount in Rs.)
			Cost/Valuation at beginning of 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	As at the Previous Year End	
			1.04.20	UPTO 30.09.20	AFTER 30.09.20	2020-21	31.03.21	1.04.20	2020-21	31.03.21	31.03.20	
A	Fixed Assets Procured from Govt. Grants											
I	LAND											
	a)Free Hold	0%	1	1			1	1	-	-	1	1
	b)Lease Hold	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	BUILDINGS											
	a)On Freehold Land	10%	44,19,66,408	10,17,107	19,43,756	-	44,49,27,471	11,32,39,349	3,30,71,605	14,63,10,954	29,86,16,317	32,87,27,069
	b)On Leasehold Land	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	c)Ownership Premises	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	d)Other Superstructures	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	PLANT, MACHINERY & EQUIPMENT											
	Equipments	15%	16,32,84,581	3,16,40,657	2,77,13,661	-	21,26,38,899	5,52,65,561	2,30,27,476	7,82,93,037	14,43,45,862	10,80,19,020
IV	Vehicles	15%	17,37,666	-	-	-	17,37,666	9,16,688	1,23,147	10,30,835	6,97,831	8,20,978
V	Furniture & Fixtures	10%	1,64,51,007	87,825	16,04,388	-	1,81,44,120	50,83,046	12,25,888	63,08,934	1,18,35,189	1,13,68,861
VI	Computers/Peripherals	40%	1,07,94,203	2,22,344	81,637	-	1,10,96,184	78,60,012	12,78,943	91,38,953	19,59,231	29,34,191
VII	Library Books	40%	5,04,423	-	-	-	5,04,423	4,60,452	53,608	5,14,069	80,413	1,34,021
VIII	Office Equipments	10%	13,76,791	-	3,20,780	-	16,97,571	3,44,420	1,19,276	4,65,696	12,33,875	10,32,371
	TOTAL OF CURRENT YEAR (A)		63,62,06,040	3,29,67,033	3,16,64,222	-	70,08,38,185	18,31,69,528	5,88,99,041	24,20,69,469	45,30,36,502	45,30,36,502
B	Fixed Asset Created from Projects Grants:											
	Equipments	15%	2,08,34,503	99,97,650	43,23,586	-	4,41,55,739	63,51,038	53,46,436	1,16,97,474	3,24,58,265	2,34,83,465
	Furniture & Fixtures	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Computers/Peripherals	40%	18,768	-	-	-	18,768	12,011	2,703	14,714	4,054	6,257
	Library Books	40%	20,780	-	-	-	20,780	13,290	2,992	16,291	4,489	7,481
	Office Equipments	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TOTAL OF FINED ASSETS PROCURRED FROM PROJECTS (B)		2,08,74,051	99,97,650	43,23,586	-	4,41,95,237	63,76,348	53,52,131	1,17,28,479	3,24,66,808	2,34,97,703
	TOTAL (A+B)		66,60,80,081	4,29,65,583	3,59,87,808	-	74,50,33,472	18,95,45,876	6,42,52,072	25,37,97,948	49,12,35,524	47,65,34,205
IX	PREVIOUS YEAR											
	a) Expenditure on Assets/Fixed Assets		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b) Expenditure on Plan Activities		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TOTAL OF PREVIOUS YEAR		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	CAPITAL WORK-IN-PROGRESS											
	a) Main Campus At Site 81		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	d) Equipment		16,27,175	-	67,27,556	-	83,54,731	-	-	-	83,54,731	16,27,175
	TOTAL OF CURRENT YEAR (C+WIP) (B)		16,27,175	-	67,27,556	-	83,54,731	-	-	-	83,54,731	-
	TOTAL (A+B)		66,77,07,256	4,29,65,583	4,27,15,364	-	75,33,88,203	18,95,45,876	6,42,52,072	25,37,97,948	49,95,90,255	47,81,61,380

श्री अश्विनी प्रताप शर्मा Ashwini Pareek
 CHIEF MANAGER, INSPECTOR OFFICER
 CHIEF EXECUTIVE OFFICER
 नवीनोपार्जित पार्क अश्विनी प्रताप शर्मा
 Center of Innovative and Applied Bioprocessing
 जैव प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार
 Department of Biotechnology, Govt. of India
 फ्लोर - 81 (नौलेख सिटी) Sector-89 (Knowledge City)
 मोहानोनी (पंजाब), भारत / Mohali (Punjab) India

सुनील कुमार शर्मा
(SUNIL VERMA) ग्रामक विल
MARUMANGER FINANCE
Center of Biotechnology / Applied Bioprocessing
Date: 30/08/2021
Place: Mohali
नवोन्मेकी जे-पुनवर्णन केंद्र
Govt. of India / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैव प्रौद्योगिकी विभाग

For SHAMMI GARG & CO
CHARTERED ACCOUNTANTS
Shammi
(CA SHAMMI GARG)
PARTNER
Membership No. 095431

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	-	-

Suneet Verma
(SUNEET VERMA)
MANAGER FINANCE
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Govt. of India / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071
Dated: 18/08/2021

(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

Shammi Garg
(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	68,89,834.00	
5. LIC Group Leave Encashment Scheme	63,96,166.00	
6. Bank balances:	-	
a) With Scheduled Banks:		
-On Current accounts	-	-
-On Fixed Deposit accounts	10,47,56,566	13,68,39,340
-On Savings accounts		
(i) State Bank of India A/c	67,90,729	57,98,849
TOTAL(A)	12,48,33,295	14,26,38,189
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) Recoupable from Govt. Agencies		
d) Advance to Employees for Official Purpose	1,48,390	22,577
e) Others(specify)		
(i) TDS Receivable	1,37,167	1,64,183
(ii) M/s Eurofins Genomics	1,690	1,690
(iii) Deposit with PMC		40,27,080
(iv) Director INST		1,06,414
(v) M/s Enzyme Biosciences Pvt. Ltd.	9,794	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	5,48,888	13,95,607
e) on Savings Bank Account		
4. Claims Receivable	-	-
TOTAL(B)	8,61,929	57,43,345
TOTAL(A+B)	12,56,95,224	14,83,81,534


(SUNEET VERMA)
Manager Finance / प्रबंधक वित्त
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Dated: 18/08/2021
Place: Mohali / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


(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 (मॉलेज 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-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	9,00,00,000	7,17,00,000
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	9,00,00,000	7,17,00,000

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	-	-

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431


(SUNEEET VERMA)
MANAGER FINANCE
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Dated: 18/08/2021
Place: Mohali
Dept of Biotechnology, नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Govt. of India / भारत सरकार
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब: 160071

(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

SCHEDULE-16
INCOME FROM ROYALTY/PUBLICATIONS, ETC.

(Amount in Rs.)

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

SCHEDULE-17
INTEREST EARNED

(Amount in Rs.)

Particulars	Current Year	Previous Year
1. On Term Deposits		
a) With Scheduled Banks (including accrued interest):		
(i) Actual Received	34,30,539	45,23,581
(ii) Accrued as on 31st March	5,48,888	13,95,607
b) With Non-Scheduled Banks:		
2. On Savings Accounts:		
a) With Scheduled Banks:	2,06,298	2,43,771
b) With Non-Scheduled Banks:		
c) Post Office Savings Account		
d) Others		
3. On Loans		
a) Employees/staff		
b) Interest on Mobilisation Advance		
4) Interest on Debtors & other Receivables		
a) Interest on refund of Income Tax	39,817	4,848
TOTAL	42,25,542	61,67,807


Suneeet(SUNEET VERMA)
Manager (Finance) & Accounts Officer
MANAGER FINANCE
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
नवोन्मेयी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Dated: 18/08/2021
Govt. of India, भारत सरकार
Place: Mohali
Deptt. of Biotechnology, प्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER
प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेयी 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

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	23,275	74,474
b) Ph. D Fee	80,750	91,540
c) RTI Fee	-	502
d) Overhead income from extra mural projects	8,35,648	4,21,695
e) Income from Sample analysis	29,719	36,100
f) Rental Income	5,30,536	11,39,913
g) Technology Transfer	-	1,34,325
h) Training Fee	1,47,250	4,57,785
i) Income From Consultancy Services	42,384	-
j) Application Fee	53,002	-
k) LD Charges	7,082	-
i) Others (Misc.)	9,57,359	79,006
TOTAL	27,07,005	24,35,340

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)	-	-


(SUNEEET VERMA)
MANAGER FINANCE
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
नवोन्मेवी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Dated: 18/08/2021
Place: Mohali
Department of Biotechnology / जैव प्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER
प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेवी 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-20
ESTABLISHMENT EXPENSES

(Amount in Rs.)		
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Manpower Salaries, Wages and Allowances	2,04,08,957	2,17,18,118
2. Provision for Gratuity and leave encashment	-	14,70,000
TOTAL	2,04,08,957	2,31,88,118

SCHEDULE-21
OTHER ADMINISTRATIVE EXPENSES ETC.

(Amount in Rs.)		
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Travelling & conveyance expenses	66,897	6,88,220
2. Postage, Telephone & communication charges	3,04,346	3,40,495
3. Office & Admn Expenses	5,77,873	5,10,172
4. Advt. & publicity	13,67,205	9,01,780
5. Repair & Maintenance	16,64,080	17,61,055
6. Printing & stationery	4,22,314	6,70,807
7. Outsourcing/ CMCs/AMCs General	1,09,00,518	1,21,32,433
8. Fees & Honorarium	4,38,065	6,29,633
9. Electricity & Water charges	77,39,366	86,41,730
10. Workshop/Seminar Expenses	2,13,269	14,87,354
11. Vehicles Running & maintenance	1,43,728	2,81,822
12 Watch & Ward Expenses	16,24,786	14,57,897
13 Interest earned refundable to CFI	50,20,904	56,86,012
		-
TOTAL	3,04,83,351	3,51,89,410

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

(Amount in Rs.)		
Particulars	Current Year	Previous Year
1. Chemical & Consumables	1,45,69,418	1,16,27,588
2. Fellowships & Stipend	71,90,551	74,68,597
3. Computer Software & Accessories	12,85,581	13,82,252
4. Patent Filling Fee	9,19,046	1,86,466
5. Research Publication Expenses	30,140	86,993
6. Recognition fee & Membership fee	6,15,053	6,00,000
TOTAL	2,46,09,789	2,13,51,896

Suneet Verma
(SUNEET VERMA)
Manager Finance
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Dated: 18/08/2021
Place: Mohali
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071

(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जीव-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-22
EXPENDITURE ON GRANTS, SUBSIDIES ETC.

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

SCHEDULE-23
INTEREST

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

For SHAMMI GARG & CO.
CHARTERED ACCOUNTANTS

(CA SHAMMI GARG)
PARTNER

Membership No. 095431

(SUNEET VERMA)

MANAGER FINANCE
Suneet Verma / सुनीत वर्मा

Dated: 18/08/2021

Center of Innovative & Applied Bioprocessing
Place: Mohali

Govt. of India / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071

(PROF. ASHWANI PAREEK)
CHIEF EXECUTIVE OFFICER

प्रो. अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
महोदयोंकी 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

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 2021 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 2020-21.

F) MISCELLANEOUS EXPENDITURE

There is no deferred revenue expenditure during 2020-21.

G) ACCOUNTING FOR SALES

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

Manager (Finance) / प्रबंधक वित्त
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केंद्र
Govt. of Punjab, मानस नगर
Deptt. of Biotechnology, जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab, भारत में पंजीकृत 15/07/2017

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 2020-21, recurring grants amounting to Rs. 9,00,00,000/- has been received for the purpose as shown in schedule-13. Non-recurring Grants amounting to Rs. 3,00,00,000/- have been shown as addition to Corpus/ Capital Fund (schedule-I).

Interest earned on Govt. Grant amounting to Rs. 50,20,904/- 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, 2021 pertaining to FY 2020-21, 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 2020-21, the same will be accounted for in the year of claim.

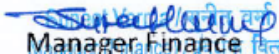
J) FOREIGN CURRENCY TRANSACTIONS


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. 1,06,87,396/- (Schedule-7) has been made in the books of accounts.

For Center of Innovative & Applied Bioprocessing


Manager Finance वित्त
 Center of Innovative & Applied Bioprocessing
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जीव-प्रसंस्करण केंद्र
 Dated: 18/08/2021
 Place: Mohali
 Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
 Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


Chief Executive Officer
 प्रो अश्वनी पारीक / Prof. Ashwani Pareek
 मुख्य कार्यकारी अधिकारी / Chief Executive Officer
 नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जीव-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

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 2020-21. It is virtually a copy of Cash Book/Institute's accounts. The total receipt as shown in Receipt & Payment Account comes to Rs.15,05,23,515/-, which include Rs. 12,00,00,000/- received as recurring and non-recurring grants from DBT, grant of Rs. 1,84,28,240/- for externally funded projects and Rs. 1,20,95,275/- from other receipts. Total amount of Rs.18,16,14,409/- 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. 9,69,32,547/- which includes Recurring Grant from DBT, Interest earned and Other Resources.

Total expenditure (before depreciation) comes to Rs.7,55,02,097/-, which also includes Rs. 50,20,904/- of interest earned on Grants, which is refundable to Govt., and depreciation of Rs.6,42,52,072/- has been charged in the current FY 2020-21. Further the amount of Rs.4,28,21,622/- 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 in the FY 2020-21 amounting to RS. 1,43,21,236/- has been booked under the head "Fixed Asset Created from Projects Grants" (Schedule 8) and credited the corresponding accounting head "Corpus/Capital Fund".

4. Depreciation

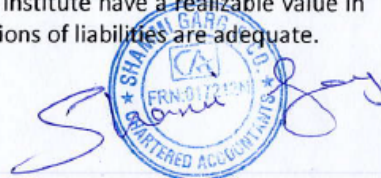
Depreciation on fixed assets including fixed assets created out of projects have been charged as per the rate prescribed in the Income Tax Act-1961 on written down value method. The depreciation on fixed assets created out of project has been charged from the date of its acquisition during the year 2020-21.

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 lease to the extent shown in the accounts and the provisions of liabilities are adequate.

Suneet Verma / सुनीत वर्मा
Manager (Finance) / प्रबंधक वित्त
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
सर्वोन्नत एवं अनुप्रयोग-उन्मुख प्रसंस्करण केंद्र
Govt. of India, भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology, जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, SAS Nagar, SAS Road, 140301

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 2021, there is a balance of Rs. 1,96,12,625/- 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. 4,22,270/- has been credited to the externally funded projects as shown in Schedule 3.

8. Gratuity & Leave Encashment

- a) A Group Gratuity Scheme has been taken from Life Insurance Corporation of India (LIC). An amount of Rs. 68,89,834/- was computed towards liability for gratuity (Schedule-11) out of which an amount of Rs. 12,06,971/- has been paid to LIC during the year and Rs. 56,82,863/- has been shown as provision for gratuity (Schedule-7).
- b) A Group Leave Encashment Scheme has been taken from Life Insurance Corporation of India (LIC). An amount of Rs. 63,96,166/- was worked as liability for leave encashment (Schedule-11) out of which an amount of Rs. 13,91,633/- has been paid to LIC during the year and Rs. 50,04,533/- 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

For SHAMMI GARG & CO.
Chartered Accountants


Manager Finance
Guneet Verma / गुनीत वर्मा
Manager (Finance) / प्रबंधक वित्त
Center of Innovative & Applied Bioprocessing
नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव-प्रसंस्करण केन्द्र
Place: Mohali
Govt of India / भारत सरकार
Deptt. of Biotechnology / जैवप्रौद्योगिकी विभाग
Mohali, Punjab / मोहाली, पंजाब-160071


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


(CA Shammi Garg)
Partner
Membership No. 095431



नवोन्मेषी एवं अनुप्रयुक्त जैव प्रसंस्करण केंद्र (सीआईएबी)

सेक्टर - 81, (नॉलेज सिटी), मनौली डाकघर, 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