

द्विवार्षिक प्रतिवेदन  
**BIENNIAL REPORT**  
**2004-2006**



केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान, भावनगर  
**Central Salt & Marine Chemicals Research Institute**  
Gijubhai Badheka Marg, Bhavnagar - 364 002.

द्विवार्षिक प्रतिवेदन

**BIENNIAL REPORT**

**2004-2006**



केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान

गिजुभाई बधेका मार्ग, भावनगर 364 002

**Central Salt & Marine Chemicals Research Institute**

Gijubhai Badheka Marg, Bhavnagar 364 002, Gujarat. India

• Visit us at : [www.csmcri.org](http://www.csmcri.org)

• e-mail : [dbshukla@csmcri.org](mailto:dbshukla@csmcri.org)



संपादन:  
Editing:

डॉ. पी. के. घोष

संकलन एवं संरूपण:  
Compilation & Formatting:

डॉ. डी. बी. शुक्ला  
श्री प्रमोद एन. मकवाना

डिजाईन एवं अभिन्यास:  
Design & Layout:

श्री प्रमोद एन. मकवाना

हिन्दी संपादन एवं भाषांतर:  
Hindi Editing & Translation:

श्रीमती दिना वी. भट्ट  
डॉ. आर. एस. शुक्ला  
कृ. हिमानी जे. गांधी (टंकण)

हिन्दी भाषांतर सहायता:  
Hindi Translation Support:

डॉ. (श्रीमती) ए. के. भट्ट  
डॉ. वी. के. शाही  
डॉ. (श्रीमती) ए. रविप्रकाश  
डॉ. जे. चिकारा  
श्री प्रदिप अग्रवाल  
श्री अविनाश मिश्रा  
डॉ. आर. मीना  
श्री एन. पाठक

तार्किक सहायता:  
Logistic Support:

डॉ. एच. सी. बजाज  
डॉ. अरविंद कुमार  
डॉ. ए. दास  
डॉ. ए. वी. आर. रेड्डी  
डॉ. सी. आर. के. रेड्डी  
डॉ. एम. पी. रेड्डी

छायांकन:  
Photography:

श्री एस. एल. पुरोहित

प्रकाशक:  
Published By:

निदेशक के.न.स.र.अ.सं. भावनगर

इस कार्य में संस्थान के सभी विभागाध्यक्षों से प्राप्त सहयोग के लिये आभारी हैं ।



*The Mahatma who rocked the British Empire  
&  
galvanised the people  
by defiantly gathering salt at the Dandi seashore.  
6<sup>th</sup> April, 1930*



***" I do not wish any worker to come to these laboratories merely with the aim of earning his living. What I wish is that our young men and women who come here should have a zeal for working out problems which would have great consequence. That would give vitality to these Institutes. They should realize that service to science is real service to India - no, even to the whole world; science has no frontiers".***

*Pandit Jawaharlal Nehru  
Extract from the Inaugural address on 10th April, 1954*

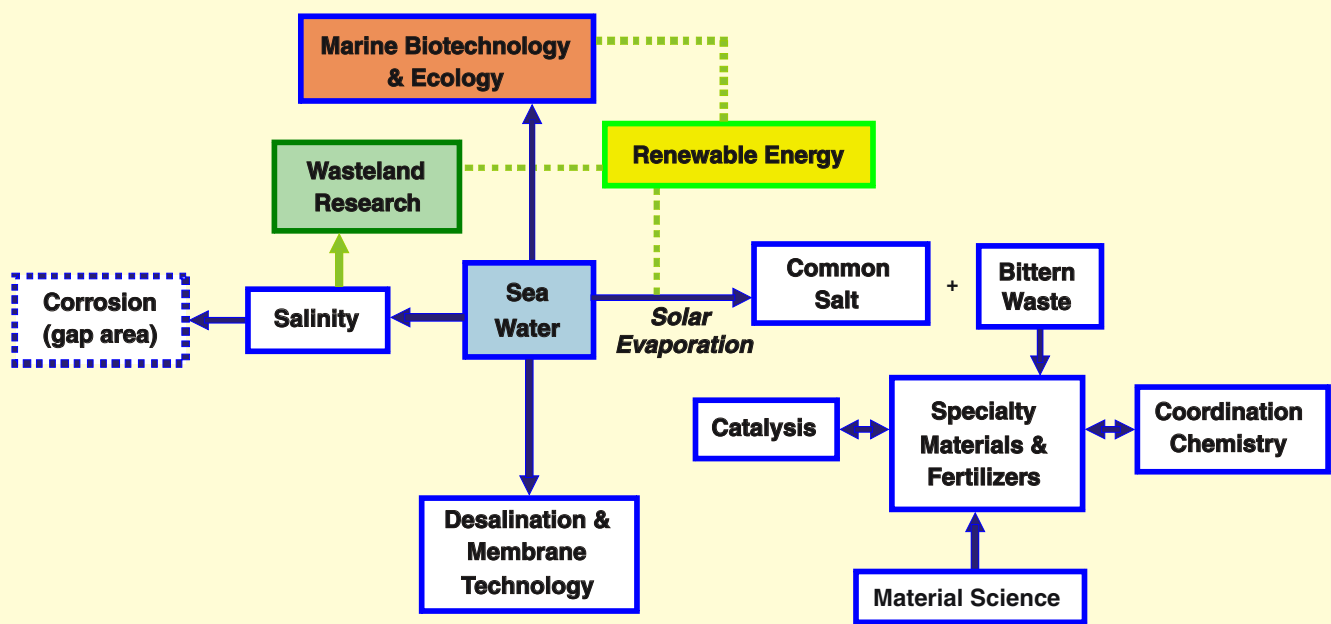
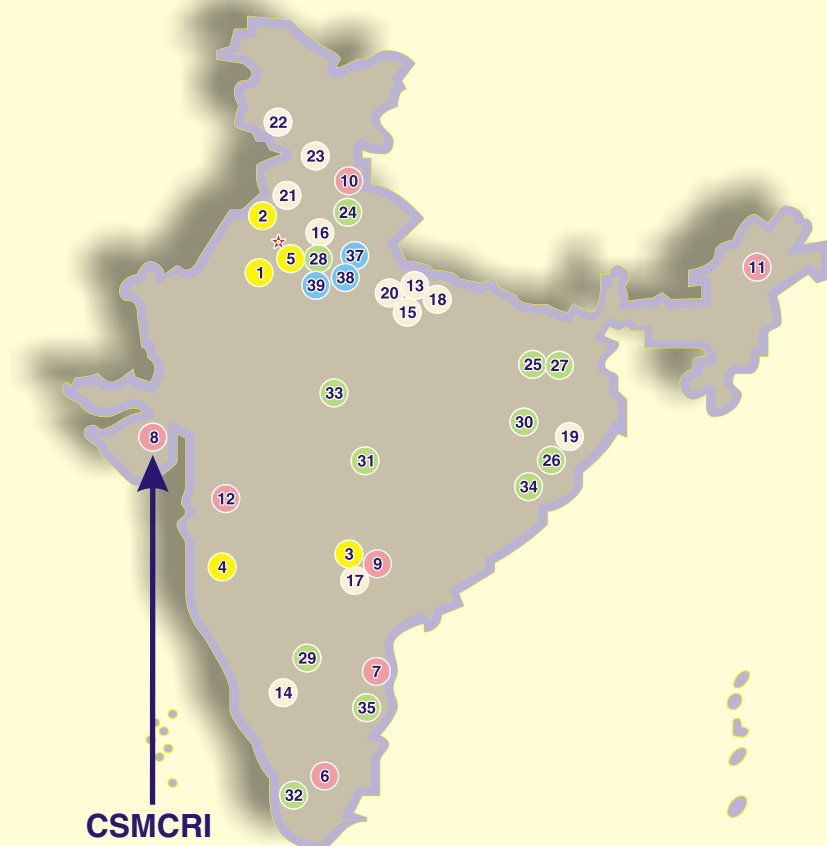
# CONTENTS

## प्राक्कथन FOREWARD

Chapter 1:	<b>Inorganic Chemicals</b>	
	• Salt & Marine Chemicals	1
	• Coordination Chemistry and Analytical Science	12
	• Inorganic Materials and Catalysis	26
प्रकरण 1:	<b>अकार्बनिक रसायन</b>	45
Chapter 2:	<b>Polymer &amp; Membrane Science</b>	
	• Reverse Osmosis	63
	• Electromembrane Processes	77
	• Separation Technology	81
प्रकरण 2:	<b>बहुलक तथा झिल्ली विज्ञान</b>	84
Chapter 3:	<b>Marine &amp; Wasteland Development Research</b>	
	• Marine Biotechnology and Ecology	92
	• Wasteland Research	110
प्रकरण 3:	<b>समुद्री एवं बंजरभूमि विकास अनुसंधान</b>	122
Chapter 4:	<b>Patents, Contract Research &amp; Deputation</b>	
	• Patents	135
	• Contract Research	143
	• Library & Information System	152
	• Dateline	154
	• Foreign Visitors	155
	• Deputation	157
	• Facilities	159
Annexures:		
	• Papers Published	160
	• Presentation in Conference	174
	• Staff News	181
	• Research Council/Management Council	186
	• Staff Strength	188
	• Budget	188



# CSMCRI AT A GLANCE



Schematic depiction of the activities of  
**CENTRAL SALT & MARINE CHEMICALS RESEARCH INSTITUTE**  
 with seawater as the central theme

## FOREWORD



I have great pleasure in presenting the Report for the period 2004-2006. The landmark achievement of the laboratory was the global recognition of our work on Jatropha. Three Mercedes Benz vehicles driven by eminent journalists conquered the world's highest motorable road (Khardungla Pass) running on our neat biodiesel. Not surprisingly, our Jatropha biodiesel showed the best engine performance of all biodiesels in tests conducted by the Austrian Biofuels Institute. It is these remarkable achievements that led **India Today** to feature the work in its Independence Day Special Issue (2006) and to state in the Editorial page that the special issue has "stunning news reports of what makes this country great from the first woman graduate of a tiny tribal village to a mall for farmers in Madhya Pradesh, a bio-fuel experiment

*in a Gujarat laboratory to a mosque run by a Hindu family, this is India as it is.*" Our work on *Kappaphycus alvarezii* seaweed, which could lead to production of large volumes of a highly effective biofertilizer, was cited by none other than ex-President Dr. A. P. J. Abdul Kalam in his Technology Day address (2006) as one of the great technological achievements of the Nation. Then again, the Institute's breakthrough invention of round salt was featured in newspapers, magazines and scientific journals all over the world and even made it to the New York Times Year in Ideas (2006) issue which featured the "year's most important innovations". It is significant that these important inventions - which can give a competitive advantage to the Nation - are protected by international patents/patent applications. Indeed, 30 patents, including a patent on sulphate of potash, which is the basis of a major technology, were granted during this period and a large number of new patent applications were filed. It is also gratifying that the GNFC Board began contemplating afresh about the setting up of a 100 TPD plant for value addition of calcium carbonate-rich solid waste following the grant of two U.S. patents on the invention.

The institute continued to take great pride in taking its inventions to the masses. Radical inventions on improvements in the production of solar salt were demonstrated through setting up of model salt works and we could produce salt of a quality hitherto not considered possible in the field. That the Salt Department, GOI has requested for several such model salt works is a testimony to the success of the technology, backed up by IPR. The Institute also set up the first community scale (600 LPH) solar powered RO plant in Rajasthan in collaboration with the Barefoot College, Tilonia and also boldly set up several seawater desalination plants based on 2-stage RO through the support provided by DST, GOI. The work features in a recent UNDP publication. It is gratifying that a seawater desalination plant was ordered by a Kenyan company and several brackish water RO plants have been ordered by Norwegian Church Aid for deployment in Afghanistan. Doordarshan's Turning Point programme referred to the institute's RO plant at Kisari village (Rajasthan) as "one of the greatest success stories of Indian Science & Technology for villages". Our successful demonstration of desalination of mine water also led Rajasthan State Mines & Minerals to issue a tender for a 20 MLD plant which could be a boon for the water stressed state of Rajasthan. However, special praise must be reserved for all those who worked selflessly and daringly in the aftermath of the Tsunami and provided water to the needy in Cuddalore, Nagapattinam and A&N Islands.

The Institute also received recognition from the Government of Gujarat as a *Centre of Excellence in Marine Biotechnology* and rapid progress was made in building up our capability in molecular biology. It is noteworthy that the *Salicornia brachiata* plant, which earlier inspired us to invent vegetable salt, has now yielded a major bio-active lead and also a salt tolerant nitrogen fixing bacteria for which the partial gene sequence has been registered with NCBI gene bank. The plant has also served as a model to isolate salt-responsive genes for developing future transgenics. It is also heartening that the institute was successful in initiating its practical cultivation along the coast through densification of the natural habitat and over 100 hectare of area has been covered.

CSMCRI has maintained a healthy balance between technology development and research. Important research findings were published in international journals and the institute has steadily raised the number of publications without compromising in any way on the average impact factor which was maintained in the healthy range of 2.0-2.4 during 2004-2005 and 2005-2006. Many of our papers are cited today as “hottest papers” in different journals. A major accomplishment was the synthesis and structural elucidation of the largest water cluster ever reported. The Institute's scientists also won prestigious awards such as the Dr. Vikram Sarabhai Award, the Daimler Chrysler Environment Leadership Award, the CSIR Young Scientist award and Raman Fellowship. Our Research Scholars and project assistants have also been doing well as far as national and international placements are concerned.

The institute was successful in recruiting fresh scientific talent and, together with the appointment of large numbers of research scholars and project assistants, this has led to significant improvements in our productivity as can be gauged by successes on all fronts. The continuing improvements in the infrastructure of the laboratory - be it access to most journals online or the state-of-art centralized analytical facilities or IT services - have gone a long way in attracting talent and in addressing problems with greater scientific rigour.

Finally, there are numerous contributions which do not get measured. The tremendous response to the CPYLS (CSIR Programme for Youth on Leadership in Science) programme is something we are very proud of as also the large numbers of personnel who have been trained at the institute on diverse subjects. Several people from overseas have also spent time at the institute and it is gratifying that such requests are continuously on the rise. It has been rewarding to see the growth in our activities aimed at dissemination of knowledge through the medium of Hindi. The process has been aided through coverage of many of our inventions in the vernacular medium besides in English.

CSMCRI has pulled together well as a team and I take this opportunity to thank all those who have contributed to the primary goals of the institute through their able support. I also thank the Government of India, State Governments and the numerous clients, collaborators, well wishers, the media and, finally, CSIR, who have all contributed directly or indirectly to make CSMCRI into a vibrant organization. It will remain our endeavour to strive continuously towards higher goals.



Pushpito K. Ghosh

## प्राक्कथन



मुझे वर्ष 2004-06 का प्रतिवेदन प्रस्तुत करने में अत्यंत हर्ष होता है। जेट्रोफा पर किये गये संशोधन कार्य की आन्तराष्ट्रीय स्वीकृति संस्थान की महत्वपूर्ण सिद्धि है। प्रतिष्ठित पत्रकारों द्वारा, तीन मर्सीडीज़ बेन्ज कार, संस्थान द्वारा उत्पादित अमिश्रित बायोडीज़ल से विश्व के उच्चतम मोटर रास्ता खारडुंगला रोड पर सफलतापूर्वक चलाई गई। आस्ट्रीयन बायोफ्युअल इन्स्टीटयुट, आस्ट्रीयन द्वारा किये गये सभी प्रकार के बायोडीज़ल में, हमारा बनाया हुआ जेट्रोफा बायोडीज़ल ने उत्तम एंजिन कार्य प्रदर्शन दर्शाया। इंडीया टुडे ने स्वातंत्र्य दिवस के अवसर पर प्रकाशित विशिष्ट अंक (2006) में इन उल्लेखनीय सिद्धियों को प्रकाशित किया। उसके संपादकीय लेख में बताया है कि मध्यप्रदेश के छोटे पछात गाँव से एक महिला जिसने सर्वप्रथम स्नातक की पदवी हांसिल की से लेकर मध्यप्रदेश में किसानों के लिए माल, गुजरात की एक प्रयोगशाला में जैव इंधन पर प्रयोग से लेकर हिन्दू परिवार द्वारा मस्जिद चलाना जैसे विलक्षण समाचारों ने, भारत को महान बनाया है। हमारे कप्पाफाइकस अल्बरेजी समुद्री शैवाल पर किये गये संशोधन कार्यों द्वारा बड़े पैमाने पर विशेष प्रभावी जैवउर्वरक बनाने के कार्य को भूतपूर्व राष्ट्रपति डॉ ए पी जे

अब्दूल कलाम ने भी अपने प्रौद्योगिकी दिवस के प्रवचन (2006) में राष्ट्र की एक महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकी सिद्धि बताया। तदुपरांत, संस्थान के गोलाकार नमक के अन्वेषण को विश्व के अखबारों एवं मेगैज़ीनों ने प्रकाशित किया है। न्यूयॉर्क टाइम्स के वार्षिक प्रकाशन (2006) में भी इसे वर्ष के महत्वपूर्ण अन्वेषण के रूप में प्रकाशित किया गया है। इस समय के दौरान सल्फेट ऑफ पोटाश के पेटन्ट के सहित मुख्य प्रौद्योगिकी के आधार पर 30 पेटन्ट्स स्वीकृत की गई और अन्य बड़ी संख्या में पेटन्ट फाइल भी की गई। यह भी सुखद है कि GNFC बोर्ड ने केलिशियम कार्बोनेट समृद्ध ठोस उच्छिष्ट की मूल्य वृद्धि के लिये 100 टीडीपी की क्षमतावाला प्लान्ट लगाने का निर्णय लिया है और इस अन्वेषण पर दो यु एस पेटन्ट स्वीकृत हुई हैं।

संस्थान अपने अन्वेषण जनहित के लिये आमजन तक पहुँचाने में गौरव अनुभव कर रहा है। सौर नमक के मौलिक अन्वेषण में सुधार करके निदर्शन दिया गया तथा दो माडल सोल्ट वर्क्स स्थापित किये गये जिसने अब तक इस क्षेत्र में अकल्पनीय गुणवत्तायुक्त नमक का उत्पादन संभव कर दिखाया है।

भारत सरकार के नमक विभाग द्वारा ऐसे ज्यादा माडल सॉल्ट फार्म तैयार करने का अनुरोध किया है जो इस प्रौद्योगिकी की सफलता का प्रमाण है और जिसने पेटन्ट लेने के लिये प्रोत्साहित किया है। संस्थान ने बेरफूट कोलेज, तिलोनिया, राजस्थान के सहयोग में प्रथम समुदाय स्तर का 600 लीटर प्रतिघण्टा की क्षमतावाला सौर ऊर्जा आर ओ प्लान्ट भी स्थापित किया है और द्विस्तरीय आर ओ प्लान्ट पर आधारित कुछ समुदाय अपक्षारीकरण प्लान्ट भी (डीएसटी भारत सरकार के सहयोग से) स्थापित किये हैं। इस कार्य को युएनडीपी प्रकाशन में प्रकाशित किया गया है। समुदाय अपक्षारीकरण प्लान्ट के लिये एक केन्यन कंपनी तथा नमकीन जल के अपक्षारीकरण कुछ आर ओ प्लान्ट के लिये नोर्वेजीयन चर्च सहाय ने अफघानीस्थान में स्थापित करने के लिये ऑर्डर दिया है। दूरदर्शन के टर्नींग पोइन्ट कार्यक्रम ने किसारी विलेज (राजस्थान) में, संस्थान द्वारा स्थापित आर ओ प्लान्ट को ग्रामीण क्षेत्र के लिये भारतीय विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की एक विशिष्ट सफलतम कहानी के रूप में बिरदाया है। खान (सुरंग) जल के अपक्षारीकरण पर किये गये हमारे सफल निदर्शन कार्य के आधार पर राजस्थान स्टेट माइन्स तथा मीनरल्स ने 20 मीलीयन लीटर प्रतिदिन की क्षमतावाला प्लान्ट लगाने के लिये टेन्डर जारी किया है जो राजस्थान राज्य की पानी की तंगहाली के लिये वरदान सिद्ध हो सकेगा। सुनामी संकट के बाद कुडालौर, नागापट्टीनम तथा आंदामान निकोबार द्वीप समूह में त्रस्त जनता को पेयजल उपलब्ध कराने जिन कर्मचारियों ने स्वार्थाहित तथा हिम्मतपूर्वक सेवा प्रदान की हैं वे विशिष्ट पुरस्कार के पात्र हैं।



संस्थानने गुजरात राज्य सरकार द्वारा समुद्री जैवविज्ञान में उत्कृष्ट केन्द्र के रूप में मान्यता प्राप्त की है और आण्विक जैवविज्ञान में समर्थता बढ़ाने के लिये तेज़ प्रगति की है। यह भी उल्लेखनीय है कि सेलीकोर्निया ब्रेचीएटा प्लान्ट जिसने पहले वनस्पतिजन्य नमक बनाने के लिये हमें प्रेरित किया था अब उससे मुख्य जैवसक्रिय के तथा नमक सह्य नाइट्रोजन फिक्सींग जीवाणु उत्पादन किया है जिसके लिये NCBI जीन बैंक में आशिक जीन क्रम का पंजीकरण किया गया है। अब यह पौधा भविष्य में नमक प्रतिभावी जीन्स को अलग करके जीन संकम्रित पौधों को विकसित करने के लिये एक मोडल के रूप में कार्य करेगा। यह हर्ष की बात है कि समुद्रतट पर इसकी व्यवहारिक खेती को प्राकृतिक आवास के सघनीकरण द्वारा इस संस्थान को सफलता मिली है और 100 हेक्टर के क्षेत्र को आच्छादित किया गया है।

CSMCRI ने प्रौद्योगिकी विकास तथा अनुसंधान का समान रूप से निर्वाह किया है। महत्वपूर्ण अनुसंधान परीणामों को आन्तराष्ट्रीय जरनल्स में प्रकाशित किया गया है तथा संस्थान ने सन 2004-05 तथा 2005-06 की 2.0 - 2.4 के इम्पेक्ट फेक्टर में किसी भी बात में समाधान किये बगैर अच्छी मात्रा में प्रकाशन किये हैं। हमारे कई संशोधन पत्र विभिन्न जनरलो में होटेस्ट पेपर के रूप में प्रकाशित हुए हैं। इनमें मुख्य उपलब्धि सिन्थेसीस एन्ड स्ट्रक्चरल इल्युसीडेशन ऑफ ध लार्जेस्ट वोटर एवर रीपोटेड है। संस्थान के वैज्ञानिको ने डॉ विक्रम साराभाई एवोर्ड, घ डेमलर क्राइसलर एनवायरमेन्ट लीडरशीप एवोर्ड, सीएसआइआर यंग सायन्टीस एवोर्ड एवं रमन एवोर्ड जैसे गौरवप्रद एवोर्ड प्राप्त किये हैं। हमारे संस्थान के रीसर्च स्कोलर्स, प्रोजेक्ट आसीसटन्टस राष्ट्रीय तथा अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त कर रहे हैं।

संस्थान में नई वैज्ञानिक प्रतिभाओं की सफल भर्ती तथा बडी संख्या में संशोधन छात्रों एवं प्रोजेक्ट आसीसटन्टो की नियुक्ति की गई है जिससे उत्पादकता में नाटकीय प्रगति तथा सभी क्षेत्रों में मानक सफलता प्राप्त हुई है। ओनलाइन जरनल्स का मूल्यांकन, केन्द्रीय विश्लेषणात्मक सुविधा, आइ टी सेवा आदी प्रयोगशाला के इन्फ्रास्ट्रक्चर में सतत सुधार ने प्रतिभाओं को आकर्षित किया है तथा उनकी समस्याओं का विशिष्ट वैज्ञानिक दृढ़ता से निराकरण किया है।

अंत में, ऐसे कई अगनित योगदान हैं, जिन्हें नापना कठिन है। CPYLS कार्यक्रम को आश्चर्यजनक प्रतिभाव मिला है जिसका हमें गर्व है। विभिन्न विषयों में बडी संख्या में कार्मिको को प्रशिक्षित किया गया है। विदेशो से भी कुछ लोगो ने संस्थान में समय बिताया है और अनुरोध सतत बढ़ता जा रहा है यह सुखद घटना है। हमारी प्रवृत्तियों में वृद्धि, ज्ञान का प्रसार करने में हिन्दी भाषा का माध्यम लाभदायी रहा और प्रांतीय भाषा में प्रकाशित इस प्रक्रिया में प्रकाशित संस्थान के कई अन्वेषणों ने सहायता की है।

CSMCRI ने एक टीम के रूप में यह कार्य किया है। मैं उन सभी लोगों का हार्दिक धन्यवाद करता हूँ जिन्होंने अपने सक्षम सहयोग द्वारा संस्थान के लक्ष्यों को प्राप्त करने में योगदान दिया है। मैं भारत सरकार, राज्य सरकार तथा असंख्य ग्राहकों, सहयोगीयों, हितेच्छुओं, मीडिया और CSIR सबका धन्यवाद करता हूँ जिन्होंने CSMCRI को वायब्रंट संस्थान बनाने में प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से सहयोग दिया। उच्च लक्ष्य प्राप्ति के प्रति हमारा सतत प्रयास रहेगा।

पी के घोष

पुष्पितो कुमार घोष



1

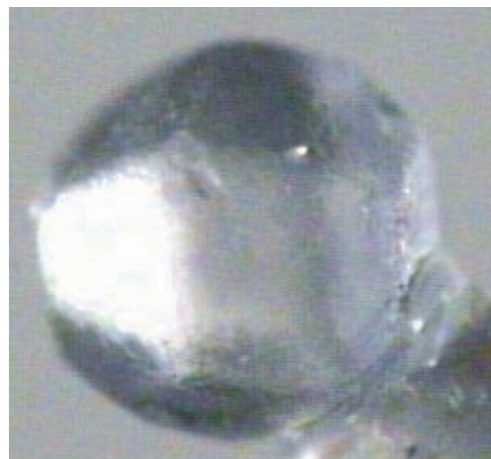
# INORGANIC CHEMICALS

- Salt & Marine Chemicals
- Coordination Chemistry & Analytical Science
- Inorganic Materials & Catalysis

## SALT & MARINE CHEMICALS

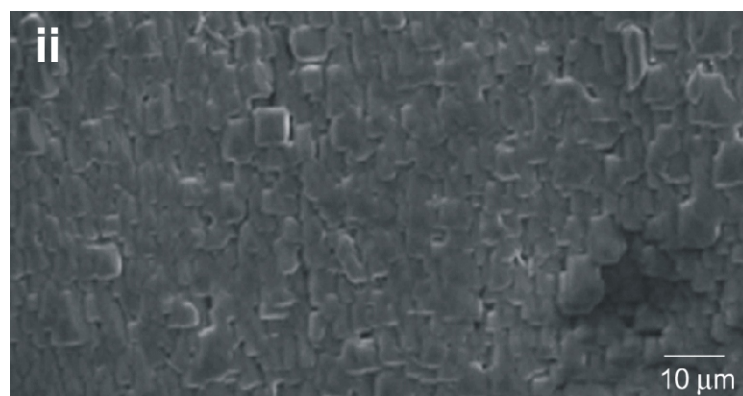
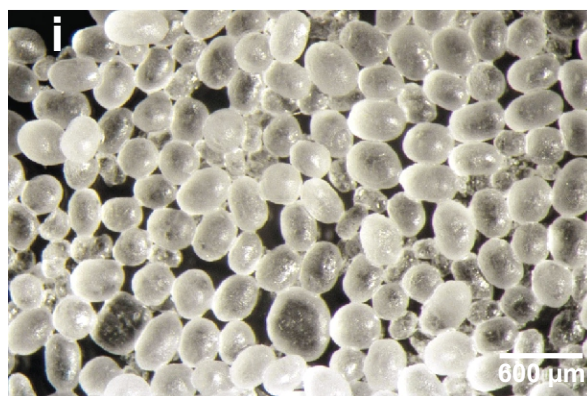
### Studies on alteration of crystal morphology of common salt

Interest in crystallization, and in various ways of altering the shapes and structures of crystals, has a long history because an extraordinary range of physical and chemical properties of crystalline solid-state materials is dictated by their crystal form and size. As part of our efforts to enhance the flowability and other aesthetic aspects of common salt, it has been shown that the cubic morphology of NaCl crystals can be transformed into rhombic dodecahedron shape through use of glycine as an additive during the crystallization process from natural brine under ambient conditions, i.e., mimicking solar salt production. These findings, together with the realization of a practical process of recycling glycine, have aroused interest world wide and efforts are underway to produce ton quantities of this salt in the institute's experimental salt farm.



Rhombic Dodecahedron salt

As reported in the previous Biennial report, we have also devised a technique for preparation of spherical salt without use of any additives. The method would be most appropriate for preparation of vacuum evaporated salt. In an improvement over the previous work, it is now possible to reduce the crystal size down to 300 micron and increase sphericity through a novel seeding protocol. It has been established that the individual salt crystallites retain their cubic morphology and the round shape arises from the nature of agglomeration. The spherical salt has identical powder XRD pattern as that of the normal cubic salt.



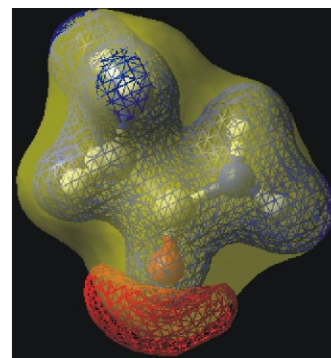
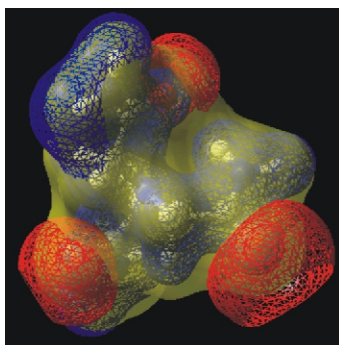
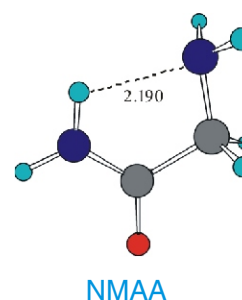
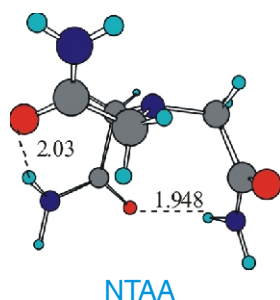
Optical micrograph of nearly spherical NaCl produced without use of additive and (ii) SEM micrograph showing surface of a single crystal wherein the agglomeration of large numbers of cubic crystals is clearly seen.



To widen the applicability, the process was modified further to prepare spherical salt of still smaller size. In the new approach, the size of the crystallites was controlled by the addition of seed crystals during the growth of the crystals in the bath. However, the minimum crystallite size is restricted to 300-400 microns to maintain the spherical morphology. It has been established that the free flow characteristics of the round salt with appropriate surface modification are superior to those of the premium vacuum evaporated edible salt presently available in the market. Further studies are being conducted with deliberate addition of free flow agents into the round salt to ensure sustained free flowability.

### Study of the anti-caking behaviour of nitrilotriacetamide through density functional theory (DFT)

It is well known that nitrilotriacetamide (NTAA) can act as an anti-caking agent for sodium chloride. Interestingly, the related compound, nitrilomonoacetamide, imparts no similar effect. It has been previously proposed that the cumulative effect of three amide functional groups properly aligned on the surface of sodium chloride facilitates adsorption of the triacetamide over the monoacetamide. Our DFT calculations revealed that the NTAA has the lowest energy conformation in aqueous phase and that this conformation is similar to that reported for the crystal structure. The findings are contrary to the speculated geometry reported earlier. The electrostatic potential surface (MESP) derived for the lowest energy conformer of triacetamide suggests that the effective interaction sites are much larger than that of nitrilomonoacetamide; as a result, NTAA can bind more strongly on the NaCl surface (the 100 plane) which presumably leads to the anti-caking effect.

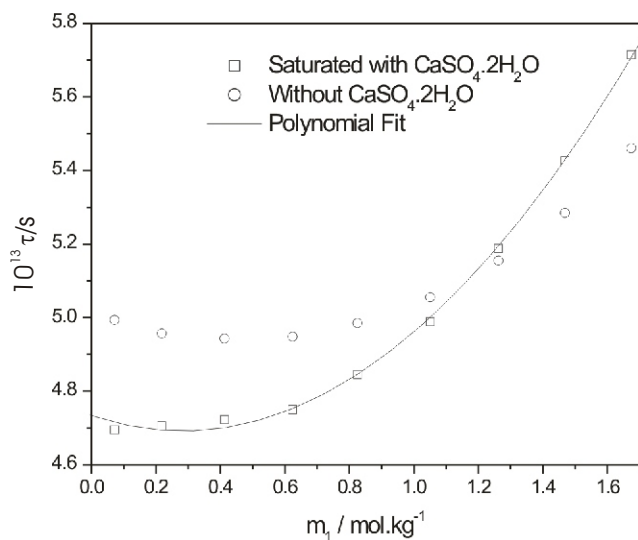


B3LYP/6-31+G\* calculated conformations (top) and isopotential surfaces (bottom) for NTAA and NMAA (red: negative potential; blue: positive potential)

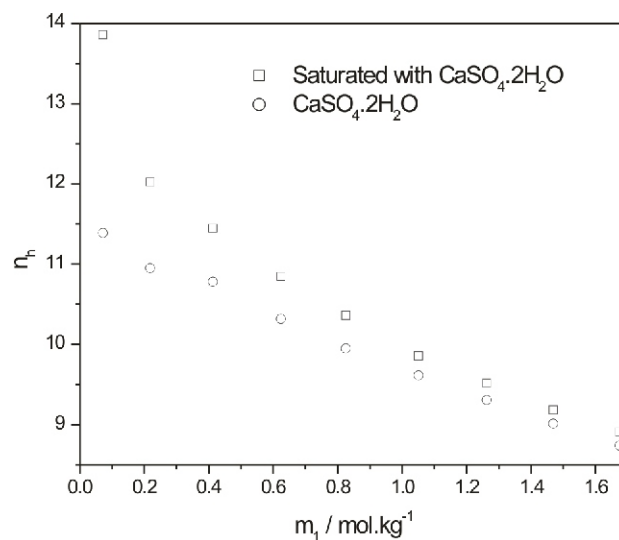


### Ultrasonic measurements of brine systems

Sea water is considered to be a store house of chemicals with more than 73 elements dissolved in it. Out of this about 99 % constitutes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and their study in a homogeneous system is of considerable importance. Accurate determination of physical properties and derived parameters as a function of composition and temperature of electrolyte solutions provide an insight into ion-ion and ion-solvent interactions. Towards this end, we have carried out ultrasonic, viscometric and densitometric measurements of aqueous  $\text{NaCl}$  and  $\text{CaCl}_2$  solutions saturated with  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  under ambient conditions. Shear relaxation times ( $\tau$ ) were measured for the ionic species from the experimental data.  $\tau$ , which influences the system dynamics and depends on the momentum of particles and also on inter-particle interactions were measured for the ionic species from the experimental data. The results, which are consistent with observed solubility trend of gypsum in different brine compositions have been interpreted in terms of existence of different ionic species such as hydrated ions solvent-separated, solvent-shared, and contact ion pairs. It has been further observed that the hydration shell of the cations expands when the brines are saturated with gypsum. We plan to study the implication of this on the crystallization behaviour of salt.



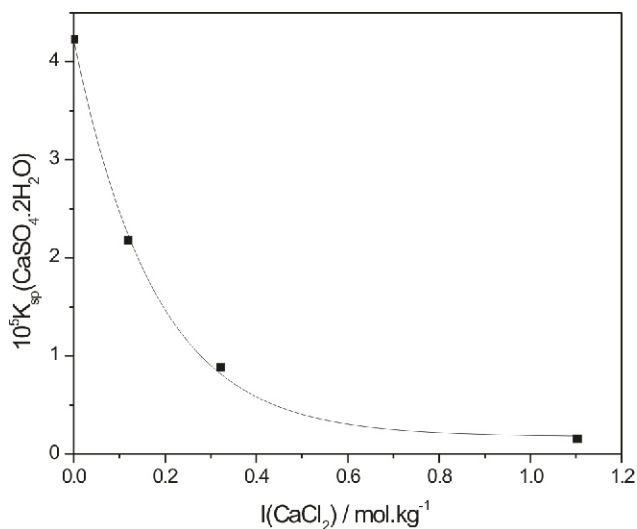
Relaxation behaviour of ions in aqueous sodium chloride solutions saturated with gypsum



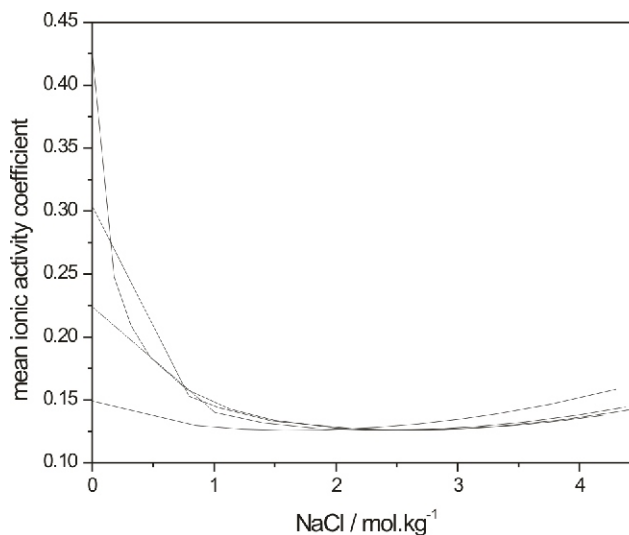
Hydration behaviour of ions in aqueous sodium chloride solutions saturated with gypsum

### Effect of calcium chloride on solubility behaviour in brine

We have previously reported the patented invention of an integrated process for co-production of high purity solar salt and  $\text{KCl}$  through desulphatation of brine with distiller waste liquor of soda ash industry which is a cheap source of calcium chloride. To optimize the addition of calcium chloride to brine for effective desulphatation, we determined the solubility behaviour of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  in aqueous  $\text{NaCl}$  solutions up to a concentration of about 25%  $\text{NaCl}$  (w/w) and constant  $\text{CaCl}_2$  concentrations at  $35^\circ\text{C}$ .



CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O solubility product at different CaCl<sub>2</sub> ionic strength in aqueous NaCl solutions at 35 °C



Solubility of CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O at constant CaCl<sub>2</sub> concentration but varying NaCl concentration at 35 °C.

Addition of CaCl<sub>2</sub> reduces the solubility of CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O quite dramatically while maintaining the basic pattern of the solubility curve. Mean ionic activity coefficients  $\gamma_{\pm}$  of CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O derived using extended Debye Hückel law with quadratic terms decrease with increase in ionic strength. A comparison of the thermodynamic solubility product [ $K_{sp(th)}$ ] of CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O to the solubility product  $K_{sp}$  obtained from the observed solubility data indicated sizable differences. This has been explained through a combination of extended Debye Hückel law and Ion Association theory. We also measured accurate densities for the quaternary system, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O + NaCl + CaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O, at 35 °C. Density of solution increases linearly with the increase in concentration. Solutions containing higher amounts of CaCl<sub>2</sub> were found to be less dense when compared at same ionic strengths. Solubility and density data as a function of concentration have been correlated using polynomial and linear fits by the method of least squares. The above studies have led us to conclude that the ions in solution are present both as free ions as well as in the form of ion pairs, their proportions being 69% and 31%, respectively. It is relevant to point out that the higher the presence of ion pairs in solution, the higher would be the solubility product.

### High purity salt with improved whiteness from sub soil/sea brines

An innovative route was developed for the recovery of very high purity solar salt with improved whiteness in the field. The process is based on the modification of the salt crystal morphology in such a way that agglomeration is reduced and, consequently, the impurity level in the salt is reduced.

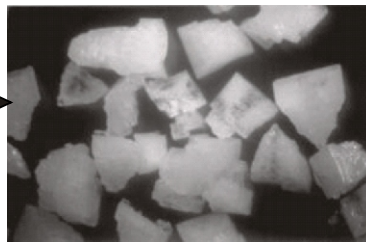
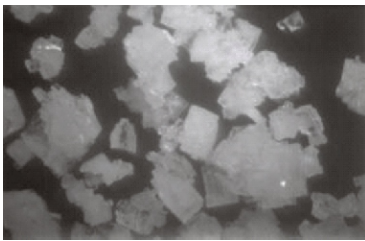
Production of good quality industrial grade salt from sub soil / sea brines

Salt Constituents	Analysis by GACL (wt.%)	Analysis by GHCL (wt%)	Analysis by JSC (wt.%)	Analysis by IEL (wt.%)
NaCl (on dry basis)	99.60	99.80	99.80	99.80
Ca <sup>2+</sup>	0.005	0.005	0.005	0.005
Mg <sup>2+</sup>	0.03	0.03	0.027	0.03
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.07	0.04	0.035	0.02
Moisture	0.10	-	0.52	0.27
Insoluble	-	0.04	0.035	-

The impurity of gypsum which usually embeds the salt is maintained in superficial state and can be easily washed off. The heap washed salt analyzed  $\text{Ca} < 0.08\%$ ,  $\text{Mg} < 0.05\%$  and  $\text{SO}_4 < 0.2\%$  with  $>99.5\%$  NaCl purity. Rain washing of the heaped salt has resulted in a salt with greatly reduced calcium and sulphate impurity levels hitherto not achieved in solar salt production (see table). The down stream bittern based products were also of improved quality and whiteness. The process is cost effective and can be implemented in any solar salt works.



Superior quality salt produced at the experimental salt farm of CSMCRI



Salt crystals obtained through routine process (left) and those obtained through improved process of brine clarification.



Model salt farm established at Rajasthan

A model salt farm of 10 acre area was developed in the premises of Sambhar Salt Ltd. in NAWA city of Rajasthan state to demonstrate the production of good quality salt from sub soil brines in and around the Sambhar Lake. The main problems identified were the presence of algae and heavy metal impurities in salt besides high levels of sulphate. These problems were addressed through a novel approach of eliminating the possibility of algal blooms coupled with clarification of the brine that helped to reduce heavy metal impurities and also the sulphate level. Besides the improved quality, the yield of salt was also enhanced substantially, presumably through better control of brine seepage. The results could help in improving over all salt production in Rajasthan and inspired by this success story the Salt Department has advised other states to set up model salt works.

SAMBHAR SALTS LT      01425 224224      04-10-05      10143      P.01

સાંભર સોલ્ટ્સ લિમિટેડ  
 સંસ્થાના અધિકારીઓ  
 સંસ્થાના નામ : સાંભર સોલ્ટ્સ લિમિટેડ  
 સંસ્થાના સ્થાન : સાંભર, ગુજરાત

---

સાંભર સોલ્ટ્સ લિમિટેડ      **SAMBHAR SALTS LIMITED**  
 (A Govt. Enterprise)  
 હિન્દુસ્તાન સાલ્ટ્સ લિ. સી. સબાર્ક કંપની  
 સંસ્થાના નામ - 303604 (રાજ.)      **SUBSIDIARY OF HINDUSTAN SALTS LTD.**  
 સાંભર લેક-303604 (રાજ.)      **SAMBHAR LAKE-303604 (Raj.)**  
 ફોન : 224249, 224208, 224224      Phone : 224249, 224208, 224224  
 ફેક્સ : 01425-224224      Fax : 01425-224224  
 ઇમેઇલ : સાંભર@gsaltchem.com      Email : JHEEL.NAMAK

No.1-WM/2004/199      Dated April 15, 2005

Dr. P K Ghosh  
 Director, CSMCRI  
 G B Marg, Bahavnagar, (Gujarat)-364002

**MODEL SALT FARM AT NAWA WORKS OF SAMBHAR SALTS Ltd.,**

Sir,

At the outset let me congratulate you and your team of Scientists who were instrumental in fulfilling the dream of establishing a model salt farm in Rajasthan to demonstrate the process for the manufacture of industrial grade salt from the sub soil brines of Rajasthan. The collaborative project undertaken jointly by CSMCRI (Bahavnagar), Salt Department (Govt. of India), Industries Dept (Govt. of Rajasthan) and Sambhar Salts Limited (SSL) has started bearing fruits now. The first trial itself has shown excellent results. The first crop of salt harvested has shown specifications as under:

NaCl 98.5% and  $\text{SO}_4$  0.3 - 0.4% (as  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

The salt was further upgraded to NaCl 99.3% by simple heap washing with dilute brine. The yield of salt has gone up by factor of 3. The credit of this achievement goes to all the collaborating partners in general and CSMCRI scientists in particular.

Contd./2/-

## Salt & Marine Chemicals

A one day workshop/training on production of good quality salt from the sub soil brines of Rajasthan was arranged for the benefit of the salt producers at Rajasthan. The program was arranged jointly by CSMCRI and Salt department. The model salt farm established at Rajasthan was made open to the salt manufacturers of Rajasthan by Mr. Naspeth Singh Rajivi, the Hon. Minister of Industries, Rajasthan State.

### Improving quality and yield of salt produced by the marginal salt producers at Maliya in Gujarat

As reported in the Biennial report 2002-04, CSMCRI along with SEWA had adopted 109 salt works in Little Rann of Kutch (LRK) for quality upgradation and under the supervision of CSMCRI scientists the marginal salt producers at LRK could produce good quality salt from the sub soil brines of LRK region. The salt was marketed directly to the user industries at a premium price. Looking to the success of the project, Industries Commissionerate, Govt. of Gujarat has sanctioned a similar cluster development project in the Maliya region of Gujarat with CSMCRI as the nodal institute and ANANDI as participating NGO. 23 marginal salt works were adopted in the first instance. The new technology of controlled salt crystal morphology for purer salt was adopted and the salt works were operated on sea brine as well as sub-soil brine. A quality control laboratory is also set up at Maliya for the analysis of salt and brine



(Top) Salt being harvested by marginal agarias in Maliya and (bottom) field training being imparted to the agarias by CSMCRI scientists. The table on the right shows the analysis of the heap washed salt as measured by the user industry

GUJARAT ALKALIES AND CHEMICALS LIMITED, BARODA  
 PO: PETROCHEMICALS  
 DIST: BARODA - 391346, GUJARAT  
 PHONE NO. 0256-2232681-82, FAX NO. 0265-2232130

-----  
 MTL-P/SALT/ANALYSIS

DATE : 17/11/2006

BY COURIER

TO

ANANDI PROJECT-MAHILA MITHA UTPADAK  
 MANDAL  
 C/O. ANANDI,  
 D-173, RAVIRATNA PART-3,  
 RAJKOT 360 005  
 GUJARAT

Sub: Supply of Industrial Salt (BARODA PLANT)  
 -----

Please find hereunder datewise analysis of Industrial Salt supplied by you.

Date	S04	Ca	Mg	Iron	Off Spec. qty
09/11/2006	0.16	0.03	0.04	25.00	0.00
14/11/2006	0.25	0.05	0.07	40.00	0.00
15/11/2006	0.24	0.04	0.07	50.00	0.00
Weighted Average	0.20	0.04	0.06	34.44	0.00

This is for your

1. kind information

2. Necessary action for improvement in salt quality

Authorized Signatory

(P. N. Parikh)

General Manager (MM & T. S.)



In view of the excellent quality of salt being produced (see report from GACL, Vadodara) with very low levels of calcium and sulphate merely through heap washing the salt is being marketed to leading chlor-alkali and soda ash industries.

## Training

Training programs on production of high quality salt were organized for the technical personnel from various salt industries like Gujarat Heavy Chemicals Ltd. and Hindustan Salt Ltd.

A one day work shop in Hindi on Salt & Marine Chemicals was organized on 7th Feb 2006 in which 10 technical presentations were made in Hindi. The programme was chaired by Dr. Durgadutt Oza, member, Joint Hindi Advisory Committee, Ministry of science and technology. The institute is bringing out a book/monologue on salt in Hindi language.

## Establishing a model salt farm in Orissa

Salt production in Orissa has decreased dramatically in recent years and there is a need to reverse the trend. Besides climatic factors which hamper productivity, the salt being produced in Orissa is of much inferior quality and some of the salt is not even complying with edible grade specifications. As a result, salt is being procured from distant states such as Gujarat. Looking to the success of the Rajasthan model salt works, the Orissa Government and the Salt department wanted CSMCRI to set up a model salt farm at a selected site in Orissa. The scientists of CSMCRI along with salt department officials and Orissa Govt. representatives identified a site in the Humma region of Ganjam district and an agreement on "Establishment of Model Salt Farm at Ganjam in Orissa" has now been signed for implementation of the project during the next salt season.

## Brine purification protocol for salt with inverted Ca/Mg ratio

The purity of brine required for chlor-alkali production is extremely high. Brine prepared from salt must be free from the impurities of Ca, Mg and  $\text{SO}_4$  which are always associated with solar salt. These impurities are eliminated from the saturated brine through lime-soda treatment and it is reported that the Ca to Mg ratio should be around 2:1 for optimum operation of the process. Reduced ratios lead to what is commonly known as butter formation. On the other hand, the new process developed by CSMCRI yields salt with extremely low levels of Ca and gives rise to an inverted Ca/Mg ratio, i.e., Ca:Mg <1. Accordingly, studies have been initiated to ascertain the criticality of the Ca to Mg ratio and devise means of addressing the problems, if any, so as to derive maximum advantage from the new process. It was observed that within two hours period maximum efficiency of Ca and Mg removal was realized although complete removal necessitated longer durations of settling.

### Analysis of purified brine using NaOH and $\text{Na}_2\text{CO}_3$ in combination

Description	Saturated brine (untreated)	Treated brine after Two hours	Treated brine after 20 hours
Density (Sp.Gr)	24.18° Be' (2001)		
pH	6.10	11.35	11.35
Constituents (ppm)			
Ca <sup>2+</sup>	12.03	Traces	Traces
Mg <sup>2+</sup>	85.56	2.46	Traces

### Low sodium salt from Bittern (Demonstration of the process)

In the biennial report 2002-04 we have mentioned about the development of a cost effective process for the recovery of low sodium salt directly from bittern integrated with salt production. (US Patent No. 6,890,509, dated 10 May 2005). The technology was successfully demonstrated on a workable scale to our licensee M/s Hindustan Lever Limited, Mumbai.



Desulphatation of bittern



Harvesting of carnallite



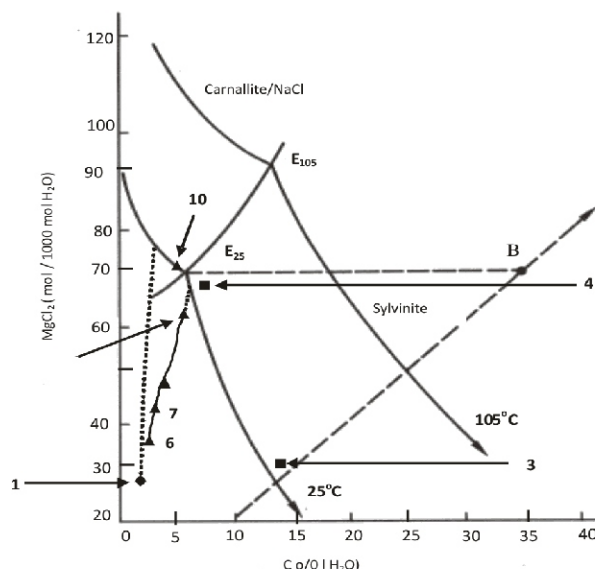
Pilot plant operation

Demonstration of the process for the production of low sodium salt from bittern to M/s Hindustan Lever Ltd., Mumbai.

### Improvements in the novel SOP manufacturing process

#### (i) Generation of sylvinite directly from schoenite end liquor

Although bittern of oceanic origin can be utilized for production of  $K_2SO_4$  via kainite ( $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 2.75H_2O$ ) and schoenite ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ ) double salts, certain limitations are encountered in practice. These include: (i) difficulties in obtaining pure schoenite from crude kainite, and (ii) requirement of KCl in the  $K_2SO_4$  forming process. It has been reported previously by us that when schoenite is prepared from kainite through a simple reaction-cum-leaching process, the liquid effluent, after desulphatation, is an excellent source of KCl which has led to development of a self sustainable scheme of SOP manufacture (US Patent No. 7,041,268 B2 dated May 9, 2006).

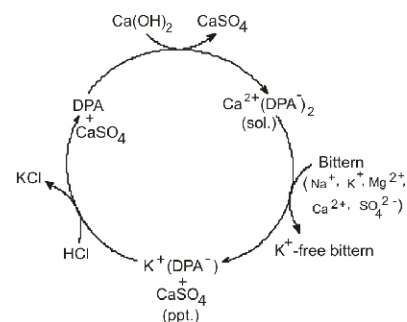


Phase diagram of the  $K_2Cl_2$ -  $MgCl_2$ -  $H_2O$ , system saturated with NaCl. The compositions of Dead sea brine (●), desulfated oceanic bittern ( $\Delta$ ) and SEL (●) and the trajectories these follow upon evaporation of water are also shown. Points 1 and 6 represent the initial compositions of Dead sea brine and desulfated oceanic bittern, respectively, while points 3 and 4 represent the initial and final compositions of desulfated SEL.

It has now been found that the desulfated effluent is ideally positioned in the phase diagram for direct recovery of 70-80% of the KCl in the form of sylvinite (NaCl/KCl). The intermediate steps of carnallite crystallization and decomposition, encountered during sylvinite preparation from Dead Sea brine and as a result desulfated oceanic bittern are avoided. (Ind. Eng. Chem. Res. (ACS), 2006, 45, 1551-1556).

### (ii) Selective extraction of KCl from schoenite end liquor through use of dipicrylamine ligand

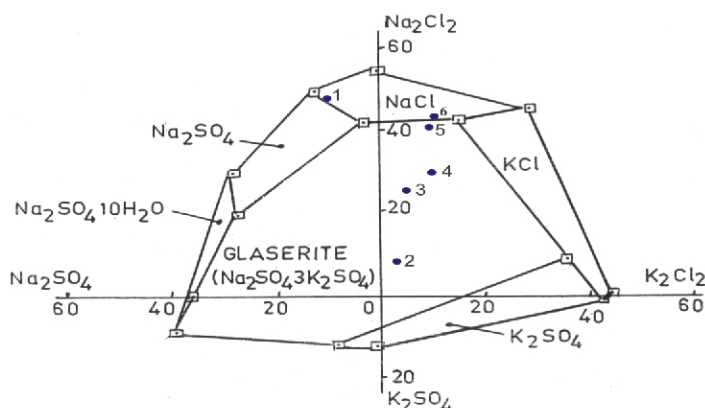
In this approach, the production of KCl from SEL is carried out with the aid of dipicrylamine (DPA). Lime is treated with DPA in water for the production of highly soluble calcium dipicrylamine  $\text{Ca}(\text{DPA})_2$ , which, in turn, is treated with SEL to produce insoluble potassium dipicrylamine  $\text{K}(\text{DPA})$  with >95% yield. The isolated  $\text{K}(\text{DPA})$  is treated with 1:1 HCl to produce KCl solution which is separated from insoluble DPA and precipitated gypsum. The gypsum can once again be treated with lime and recycled. The aqueous KCl thus obtained is treated with schoenite to prepare SOP.



Cyclic diagram showing extraction of KCl from bittern using DPA and  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and recycling of DPA

### Recovery of SOP from Sambhar bittern through glaserite route

Solid bittern available in the Sambhar Lake area comprises a mixture of sodium sulphate and sodium chloride. We have explored the possibility of recovering glaserite ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$ ) from this bittern through addition of KCl, in view of the importance of sulphur as a plant nutrient.

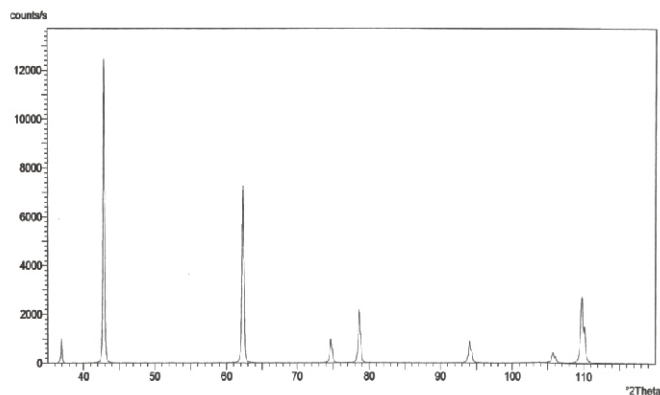


Phase equilibrium data of the system  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl}$  at  $25^\circ\text{C}$  (Concentrations expressed in mole / 1000 mole of  $\text{H}_2\text{O}$ ). Point 1 represents the composition of Sambhar bittern while points 2, 3, 4, 5 and 6 represents the composition of the KCl treated bittern at various stages of evaporation.

It is observed that at a solution composition represented by points **2, 3, 4** and **5** in the figure, the solid phase separated is mainly glaserite and at point **6** glaserite is separated along with NaCl and KCl in the solid phase. Based on the above findings, a scheme has been worked out for the recovery of SOP from Sambhar solid bittern. The bittern is treated with stoichiometric amount of KCl (with respect to sulphate) and the solution evaporated under ambient conditions up to the stage of point **5**. The solid phase containing mainly glaserite (61 % yield w.r.t. KCl added) was separated and the solution was further evaporated for the recovery of other potassium-containing products.

### High purity magnesia from bittern

Two important problems encountered in the preparation of MgO are: (i) poor filterability of the precursor  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  and (ii) residual impurities in lime used in preparation of  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  from  $\text{MgCl}_2$  which end up in the product. In one solution to the problem, the issue of poor filterability has been addressed and material of even dough-like consistency can be processed. A second route has been devised that addresses both the above problems and yields MgO of >99% purity. Its potential for scale up is being assessed.



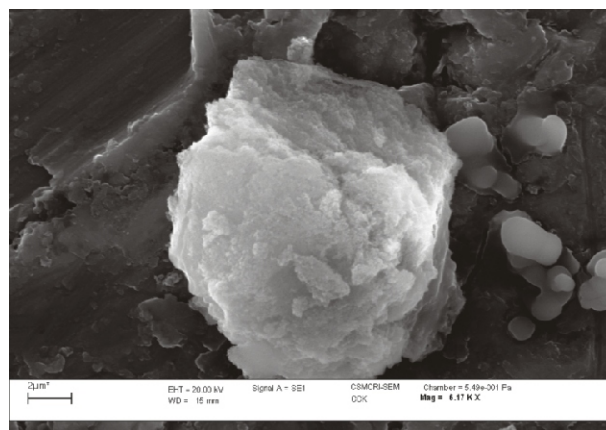
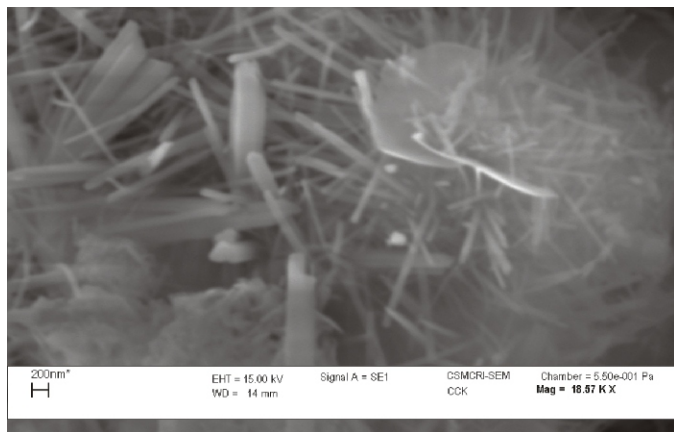
Powder XRD pattern of MgO having 99.35% purity which was prepared by a novel route that dispenses with the need for washing of crude  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .



Preparation of high purity MgO in progress

### Synthesis of nano structured MgO from bittern

We are actively working on the synthesis of nano-structured MgO for speciality applications from natural bittern. Three different approaches namely (a) bulk synthesis of MgO from aqueous  $\text{MgCl}_2$  solution (b) hydroxylation of Mg precursor using suitable template and (c) hydroxylation of Mg precursor using phase transfer approach have been tried to achieve the target material. The experiments are at a preliminary stage.

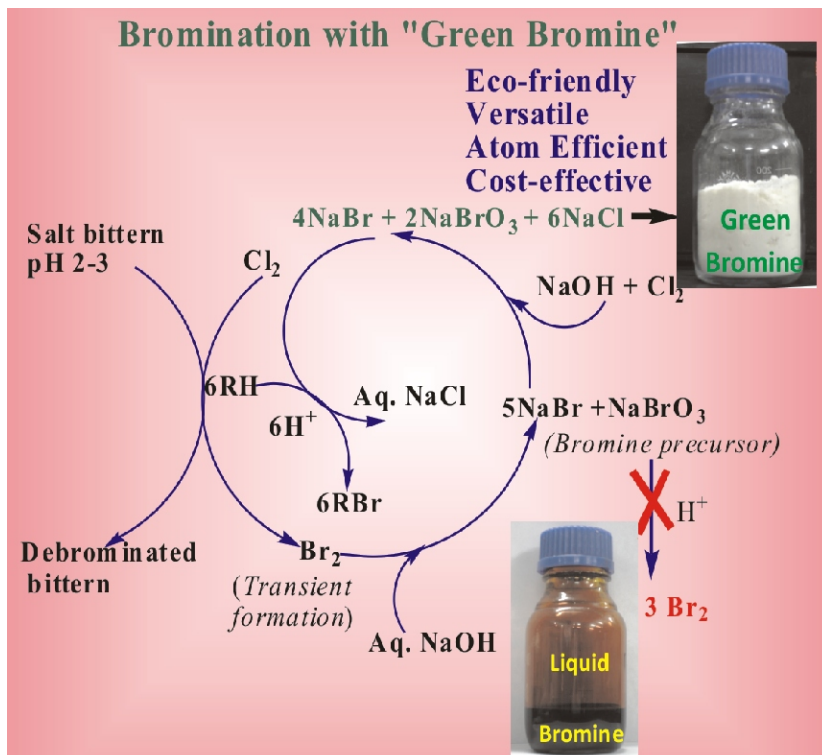


SEM image of (a) nano rods of MgO obtained by the template assisted hydroxylation of  $\text{MgCl}_2$  and (b) nanostructured layered MgO prepared via hydroxylation of  $\text{MgCl}_2$  using phase transfer approach



## “Green Bromine”: A New Concept in Eco-friendly Bromination

We have previously disclosed the cost-effective preparation of a bromide:bromate (2:1) reagent (termed as “Green Bromine”) from the alkaline intermediate of the conventional bromine recovery process . (US Patent No: 6,740,253 dated 25 May 2004). The reagent is acidified *in situ* to generate HOBr as the reactive species which effects bromination. Facile bromination of a large number of organic substrates has now been demonstrated. Aromatic substrates that have been successfully brominated under ambient conditions without use of any catalyst include phenols, anilines, aromatic ethers and even benzene. Non-aromatic compounds bearing active methylene group were monobrominated selectively with the present reagent and olefinic compounds were converted into the corresponding bromohydrins in moderate yields. By obtaining the present reagent from the liquid bromine precursor, the twin advantages of avoiding liquid bromine and producing the reagent in cost-effective manner are realised. When coupled with the additional advantage of high bromine atom efficiency, the present protocol becomes attractive all the way from cradle to grave (*Green Chem.*, 8, 2006, 916-922). Technology has been licensed for the production of p-nitro-benzyl bromide using this reagent. Technology has been separately licensed for manufacture of the reagent.



## Iodine estimation kits

During the year 2001-02 the Institute supplied 200 Iodine estimation kits to UNICEF. The estimation of iodine is carried out through an improved methodology which can detect the possible adulterants in iodized salt. As a result of the encouraging feedback from end users, UNICEF had placed orders for more kits for distribution in different parts of the country.



Iodine estimation kit developed by CSMCRI

## Dr. Vikram Sarabhai Award (2005-06)

The Institute received the Dr. Vikram Sarabhai award - 2005-06 in the field of Industry for the work on: "New products and processes in the area of salt: From concept to commercialization." This award was constituted by GUJCOST, Govt. of Gujarat

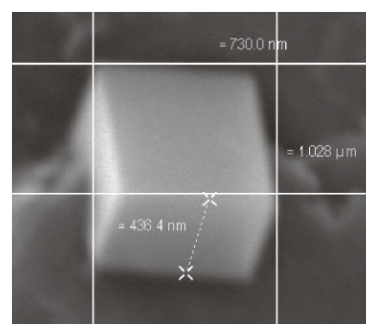
## ANALYTICAL SCIENCE

### Estimation of moisture in liquid bromine

A method has been developed to estimate moisture content in liquid bromine using FT-IR. Dry bromine has no absorption in the  $4000\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$  region whereas water absorbs in this region. Therefore, moisture in liquid bromine can be estimated by recording absorbance of the sample in this IR region. Standard samples (five) were prepared by adding known amount of water into dry liquid bromine. The IR absorbance of these solutions was determined and a calibration curve generated. The absorbance of the sample liquid bromine was measured and the moisture content estimated using the calibration plot. Moisture content as low as 5 ppm can be estimated quantitatively by this method.

### 3-D image of talc particles by SEM

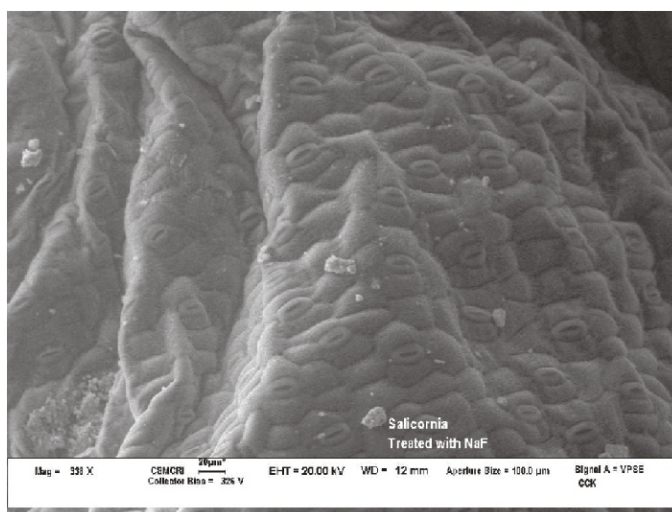
Three-dimensional image of individual talc particles was generated for a particular study. The samples were added into a suitable organic solvent and dispersed through sonication. The dispersion was then placed in a sample holder and the solvent allowed to evaporate in vacuum under dust free condition. It was then scanned for images of single talc particles. In a noteworthy achievement, the SEM Graphic User Interface software which yields 2-D images was modified to generate 3-D view of the talc particles. The method has been used in a number of related applications.



3-D image of talc particle

### Biological sample preparation for SEM

Normally biological materials require tedious chemical treatment procedures for prevention of structural collapse due to the drastic conditions inside the sample chamber of SEM. Moreover, costly and toxic chemicals like  $\text{OsO}_4$  are required for staining and it takes days to complete the sample preparation. Using the Peltier cool and variable pressure mode of the environmental SEM, the pretreatment of the samples could be totally avoided and, instead, the biological sample could be introduced in "garden fresh" condition into the sample chamber of SEM. Temperature and pressure control inside the sample chamber are, however, crucial.

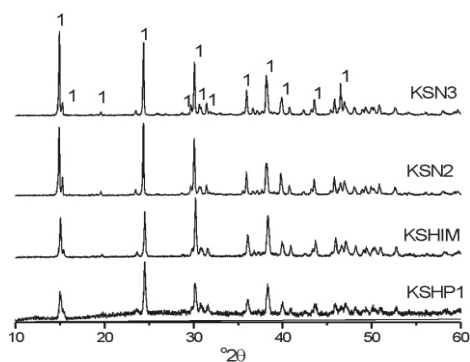


SEM image of leaf surface of salicornia species showing the frequency of distribution of stomata, recorded at 1.0 Pa and  $-20^\circ\text{C}$ .

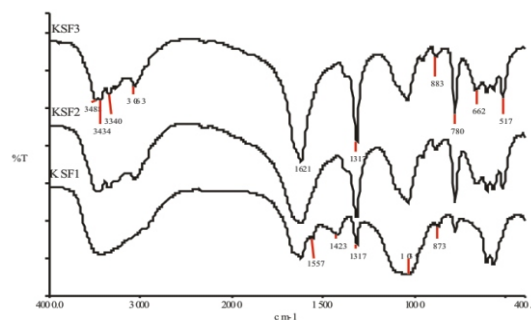


## Identification of urinary stone constituents using Powder X-ray diffraction and FT-IR techniques

The Saurashtra region of Gujarat is a highly urinary stone disease prone area. Constituents of urinary stones removed from various patients in this region have been analyzed. Stones were collected from various patients through urologists and have been analyzed using powder X-ray diffraction and FT-IR spectroscopic methods. Constituents present in the stones have been identified by comparing the measured diffractograms with JC\_PDF (joint committee for powder X-ray diffraction file) and ICDD (international crystallographic diffraction data) database set number 46. The analysis revealed that calcium oxalate monohydrate (COM), also known as whewellite, is the common constituent of all of the stones at the primary stage. However, stones from patients with long history of disease show presence of mixed phases consisting of whewellite hydroxyl and carbonate apatite phases. Powder X-ray diffraction and infrared spectroscopy are found to be excellent tools to characterize and quantify constituents of urinary stone.



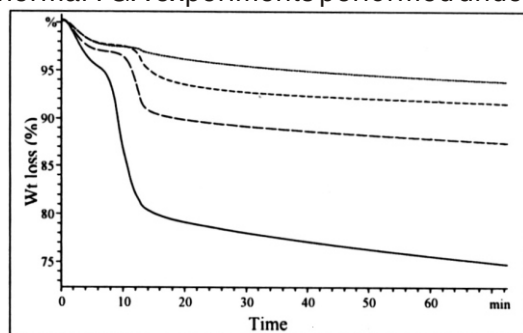
Diffractograms of pure whewellite phase from various patient



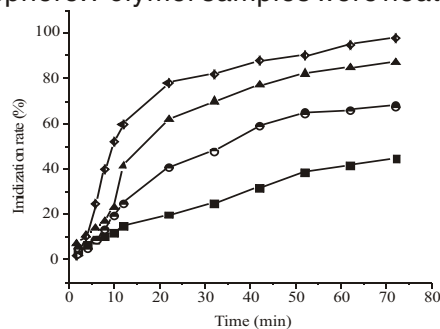
FT-IR spectra of whewellite, hydroxyl apatite, and carbonate apatite mixed phases

## Kinetic study of thermal cyclodehydration of PAA to PAI using TGA technique

The kinetics of cyclodehydration of poly(amide-amic acid) to poly(amide-imide) was investigated by isothermal TGA experiments performed under nitrogen atmosphere. Polymer samples were heated from



Isothermal TGA thermograms showing cyclodehydration behaviour heated at 175°, 200°, 225° and 260°C.



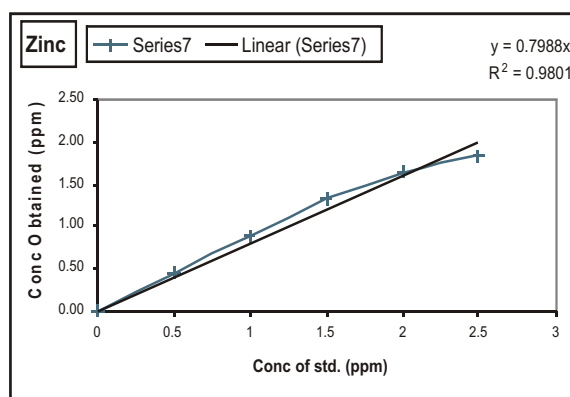
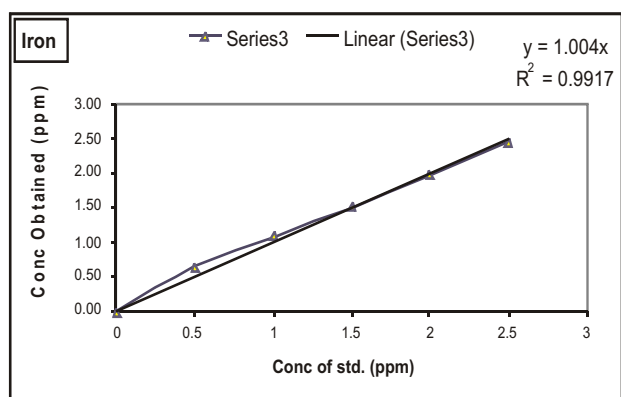
Completeness of cyclodehydration (%) of poly(amide amic acid) polymer as computed from TGA curves at 260°, 225°, 200° and 175°C (top to bottom)

room temperature to a specified temperature (175, 200, 225 or 260°C) within a fixed time period (12 min) and maintained at that temperature for 1 h under nitrogen. Thermograms were recorded from the start of the experiment as weight loss against time. The extent of cycloimidization (%) at different times was estimated by taking the ratio of observed weight loss to the theoretical weight loss expected for complete imidization. It was observed that the onset temperature of cycloimidization is around 200°C and that heating for 1 h at 260°C leads to quantitative cycloimidization. The cyclization of PAAs to imide was also monitored by quantitative FT-IR experiments. The IR and TGA analyses yielded convergent results.

### Analysis of trace metals in salt using ICP-OES.

It has been observed that analysis of different metal ions in salt using 'normal' standard provides results with high error. Therefore studies were conducted to minimize such errors. In this study, standards containing high concentrations of salt (12.5%) were prepared and calibration plots run on these samples. It was found that when standards and samples had same matrix then even 0.1 ppm sample could be analyzed with accuracy against 10 ppm standard. Results improved further when 3 point calibration (using 1 ppm standard) and 4 point calibration (using 0.1 ppm) was carried out.

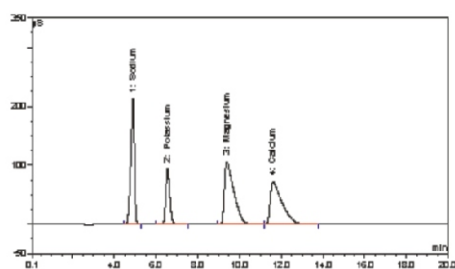
Analyte	Merck std (10 ppm) (1)	Merck std as sample (10 ppm) (1)	High salt std as sample (10 ppm) (1)	High salt as std (10 ppm) (2)	High salt std as sample (10 ppm) (2)	High salt std as sample (0.1 ppm)
Co	10	10.130	2.179	10	9.659	0.095
Cu	10	10.060	7.577	10	10.08	0.105
Fe	10	9.847	2.250	10	9.945	0.158
Mn	10	9.916	2.402	10	10.13	0.104
Ni	10	10.150	1.985	10	9.754	0.106
Pb	10	10.120	2.168	10	9.590	0.068
Zn	10	10.000	1.443	10	9.563	0.096



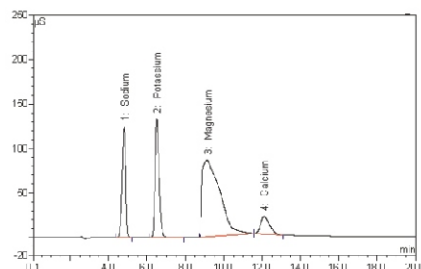
Calibration curves for Fe and Zn obtained from ICP analysis using high salt standards

## Quantitative analysis of alkali and alkaline earth metal ions in a mixture using ion chromatography

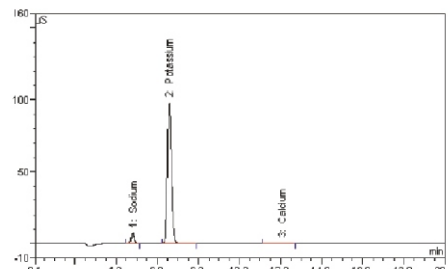
Analysis of alkali and alkaline earth metal ions in a mixture of these ions was carried out with precision using ion chromatography. The critical part of this analysis was preparation of standard samples. Standard was prepared in a mixture and the relative concentration of each metal ions in the mixture was close to the expected concentration of the metal ion in the samples. The analyses were carried out using Ion Pac CS12 (2 mm) analytical column and 20 mM methylsulphonic acid as eluant with a flow rate of 0.25 mL/min. Method was validated by analyzing standard samples in a mixture as unknown samples. This method was applied to analyze metal ions extracted from salt bitterns using various extractants.



*Ion chromatogram of a standard solution containing Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and Ca<sup>2+</sup>*



*Ion chromatogram of bittern*



*Ion chromatogram of the extracted metal ions*

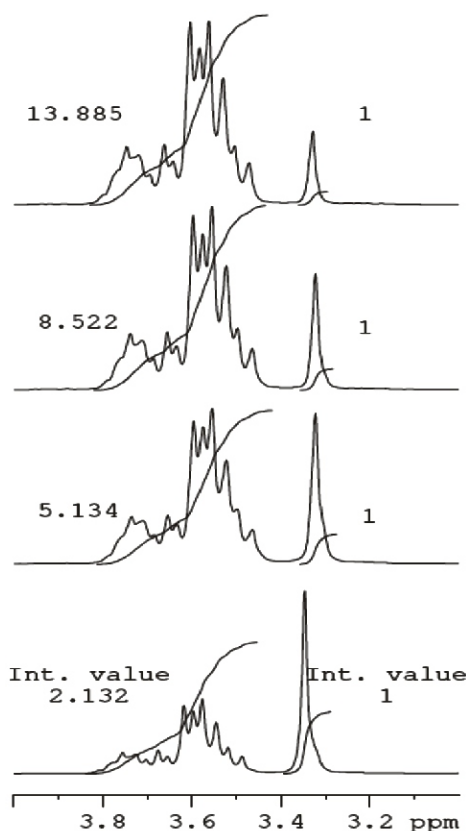
## Estimation of methanol to glycerol ratio by NMR in the reaction mixture during production of Biodiesel

Biodiesel preparation from vegetable oils such as Jatropha oil requires greater than stoichiometric amount of methanol. The excess methanol, together with catalyst and glycerol produced in the reaction yields a viscous liquid mass referred to as the “glycerine layer”. With a view to recover methanol and catalyst from the glycerine layer, we have undertaken a study to quantitatively estimate the constituents of the glycerine layer. NMR has been found to be a suitable technique for this purpose.



## Identification of phorbol esters in jatropha seed cake using LCMS

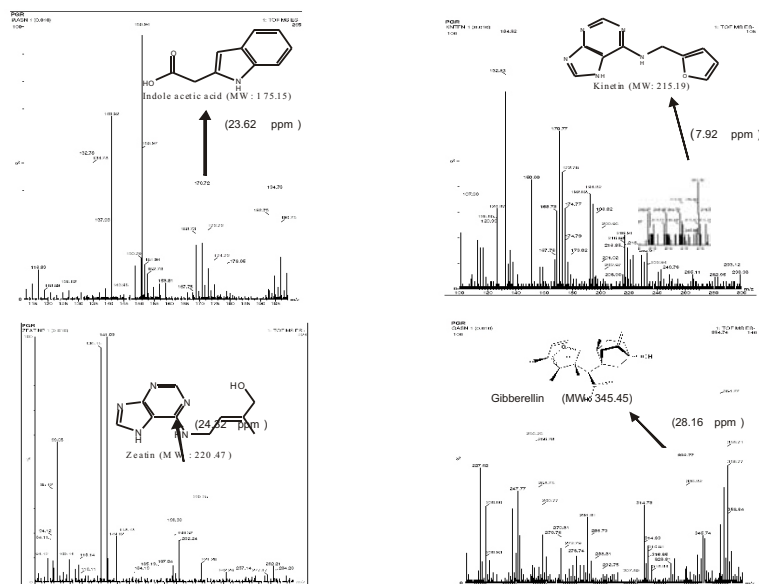
Identification of phorbol esters, a group of naturally occurring compounds present in jatropha seed cake (raw material for biodiesel), was carried out using LCMS. Initially, analytical HPLC experiments were performed (280 nm, UV detector) using the methanol extract of the seed cake to develop suitable method to separate the esters. Four peaks of the esters were obtained in the



retention time 24-27 min. These compounds were separated using semi-preparative HPLC column and both MS and LC-MS experiments were performed to determine the molecular weight of the compounds. The  $m/z$  values for the first peak is 537, for second and third peaks is 733 ( $710 + 23$  for  $\text{Na}^+$ ) and for fourth peak it is 303. The molecular weight of the phorbol ester corresponds to the third peak ( $m/z$  710) also found in the oil isolated from *Jatropha*. Detail structural characterization of this compound is yet to be carried out.

### Identification, quantification and shelf life study of plant growth regulators in *Kappaphycus alvarezii* sap using LCMS

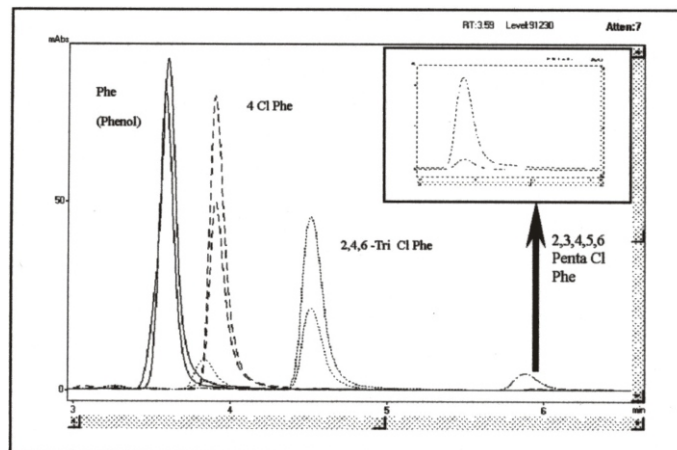
It has been reported by us previously that the sap of the red seaweed, *Kappaphycus alvarezii*, is a potent biofertilizer with considerable prospects of large scale production, along with the phycocolloid, •carrageenan, which can be extracted from the residue (U.S. Patent No. 6,893,479). The application of ESI-MS and MS-MS spectroscopy has enabled us to characterize four plant growth regulators [indole 3-acetic acid; kinetin (6-furfuryl aminopurine); zeatin (6-[4-hydroxy-3-methyl but-2-enylamino] purine); gibberelin  $\text{GA}_3$  (2,7-dihydroxy-1-methyl-8-methylene-13-oxo-1,2,4b,5,6,7,8,9,10,10a-decahydro-4a,1-epoxymethano-7,9a-methanobenzo [a] azulene-10-carboxylic acid)] in the sap. Quantitative data could also be generated on their concentrations (indole acetic acid, 23.36-23.62  $\text{mgL}^{-1}$ ; kinetin, 7.94-8.07  $\text{mgL}^{-1}$ ; zeatin, 23.97 to 24.32  $\text{mgL}^{-1}$ ;  $\text{GA}_3$ , 27.87 to 28.16  $\text{mgL}^{-1}$ ) through MS studies with an internal standard. The growth regulators were also quantified by HPLC for comparison and validation. The similar concentrations estimated for cytokinin (kinetin + zeatin) and gibberelin ( $\text{GA}_3$ ) by HPLC validate the quantification by ESI-MS. However, the MS could individually identify the kinetin and zeatin constituents whereas HPLC could not. In the case of IAA, the HPLC is far too complex for its accurate quantification whereas such problems are easily overcome in the ESI-MS analysis. Shelf life studies over a period of three months revealed that the concentrations of these growth promoters remained virtually unaltered when a suitable preservative is incorporated.



Mass fragmentation pattern of plant growth regulators

## HPLC technique to evaluate performance of membranes towards separation/rejection of phenol and its derivatives

A method has been developed to analyse phenol, 2-chlorophenol, 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,3,4,5,6-pentachlorophenol by HPLC using C18 reverse phase column and acetonitrile-water mobile phase. Applying this method, analysis of all the above compounds were carried out quantitatively before and after passing through different membranes. Rejection efficiencies of different membranes were studied and the results were rationalized on the basis of pore size of the membrane, molecular volume and dipole moment of the compounds. The compound 2,3,4,5,6-pentachlorophenol shows maximum rejection whereas phenol shows least rejection.



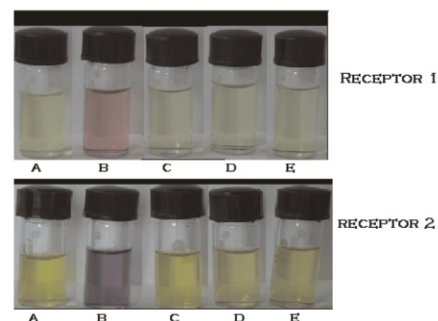
HPLC profile for phenol and its derivatives before and after passing through membrane; 2,3,4,5,6-pentachlorophenol shows (inset) maximum rejection.

## Spectrophotometric method of estimation of $\text{Br}^-$ and $\text{BrO}_3^-$ ions

Quick and sensitive spectrophotometric methods have been developed for bromide estimation in presence of excess bromate; and bromate estimation in the presence and in the absence of excess bromide in both chloride and chloride-free aqueous acidic solutions. Employing the present method we have estimated the concentration of  $\text{Br}^-$  and  $\text{BrO}_3^-$  in the alkaline intermediate of bromine recovery plants, debrominated effluents, seawater samples of variable densities at different coastal parts of Gujarat and also from plant materials.

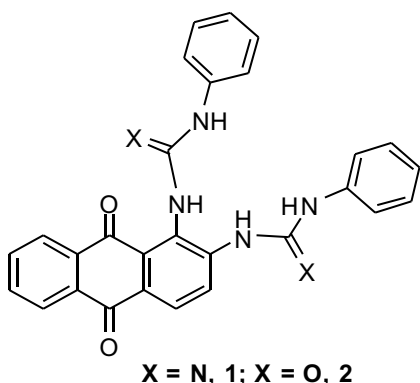
## Receptors for anions

**Fluoride Sensor** It has been shown that urea and thiourea binding sites anchored to anthraquinone signalling sub-units are suitable colorimetric reagents for  $\text{F}^-$  sensing. The effect of subtle changes in the structure of the receptor (from urea to thiourea) has been observed. Receptors **1** and **2** have shown least or no affinity for  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  and  $\text{I}^-$  ions. Accordingly, it is possible to conceive the use of these systems in various sensing, anion transport and purification applications. Interestingly, the urea-based receptor is unsuitable for sensing fluoride at room temperature. *Ab initio* quantum chemical calculations and indicated the possible factors responsible for the selective binding of fluoride to the exclusion of other halides.

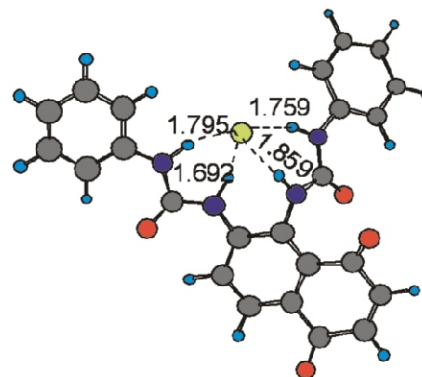


A = Free Receptor, B = Fluoride, C = Chloride, D = Bromide, E = Iodide





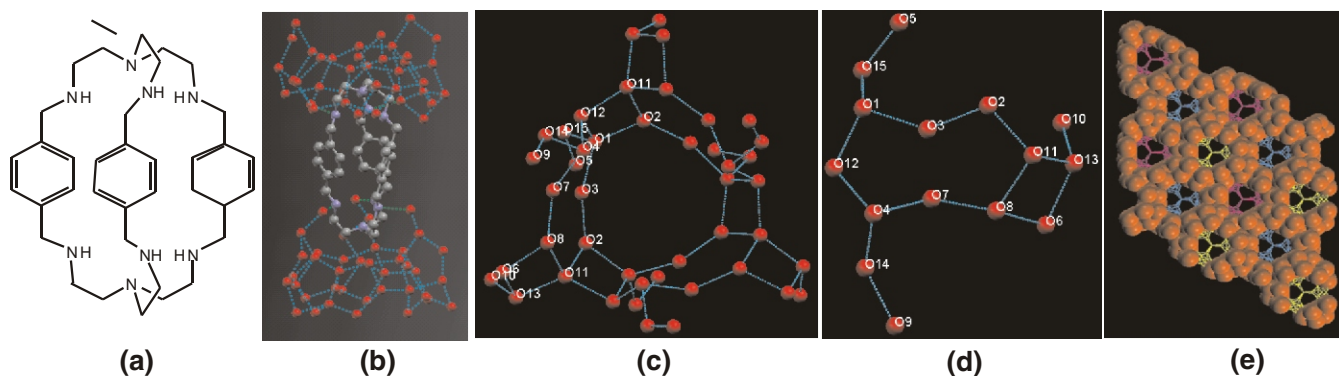
Receptor for fluoride



Ab initio quantum chemical calculations shows thiourea binding sites

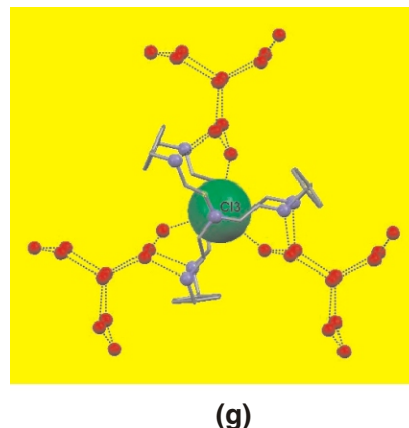
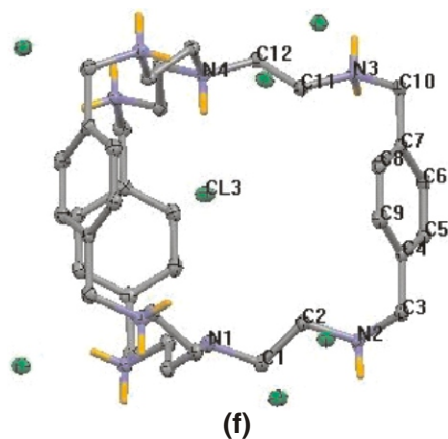
## Supramolecular architecture and properties

**Interaction of water cluster with native and heptaprotonated octaamino cryptand** Homoditopic cryptand having N4 donor sets with xylyl spacers has been utilized as a template to isolate the largest water cluster  $[(H_2O)_{45}]$  reported so far (*J. Am. Chem. Soc.* 2005, 127, 13132-13133). Crystallographic results reveals an infinite 2D layer of water molecules having a central cavity along the c axis that accommodates the cryptand molecule.



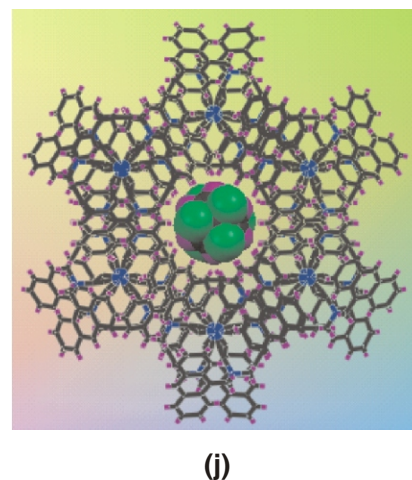
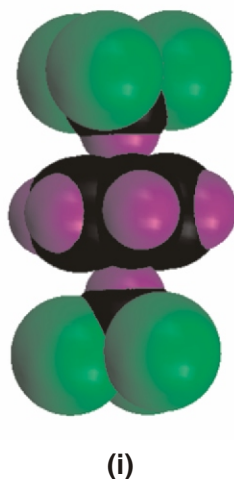
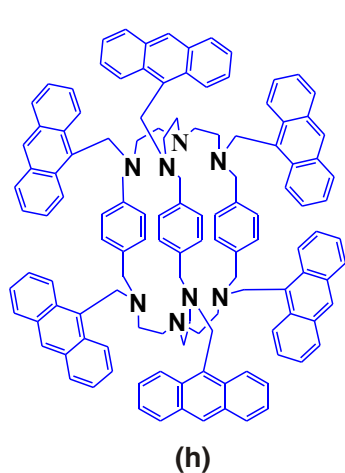
(a) Octaaminocryptand; (b) Interaction of (a) with the water layers where  $N_4$  units are covered by the “water crown” viewed down a-axis; (c) Topology of  $(H_2O)_{45}$  cluster having  $C_3$ -symmetry; (d) Topology of  $(H_2O)_{15}$  subunit in the asymmetric unit; (e) CPK diagram of the water structure making through channel down c-axis.

It is previously reported that protonated aminocryptands are good receptors for anions. We have protonated the above octaamino cryptand (a) to study halide encapsulation. Heptahydrochloride salt of native cryptand (f) encapsulates one chloride inside the proton cage. Crystallographic analysis shows that the cage stabilized the structure of discrete propeller-shaped tricyclic water  $[(H_2O)_{11}]$  clusters (g). This is the first report of a “discrete” propeller-shaped undecameric water cluster (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2006, 45, 3807-3811). This water cluster, oriented symmetrically around the cryptand moiety, interacts with the encapsulated chloride inside the cryptand cavity.



(a) ORTEP diagram of heptahydrochloride salt of octaamino cryptand; (b) encapsulated chloride and its interaction with the discrete  $(\text{H}_2\text{O})_{11}$  cluster.

In a further study carried out with functionalised (with anthryl moiety) octaamino cryptand (**h**), the interaction of the host with different guests was investigated. The single crystal of (**h**) grown from

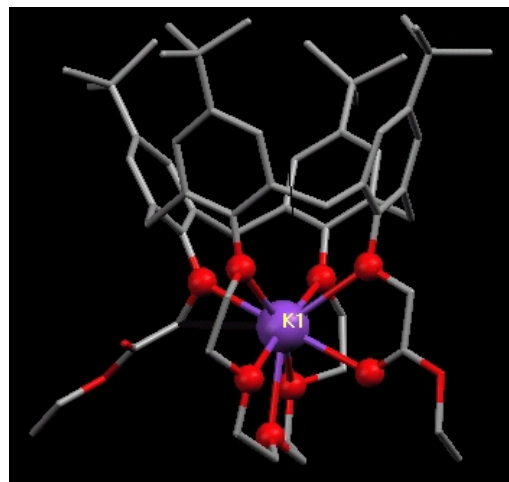


(h) Hexaanthryl octaaminocryptand structure; (b) Self assembly of six molecules of (**h**) forming a channel where adduct (space filling model) is stabilized; (c) Space filling model of the chloroform-benzene-chloroform adduct.

ethylacetate / chloroform / benzene solvents revealed that six molecules of (**h**) self assemble to form a symmetrical organic channel in the solid state, which acts as a host for the  $\text{CHCl}_3\text{-C}_6\text{H}_6\text{-CHCl}_3$  adducts (Figures (**i**) and (**j**)). The unique interaction of chloroform and benzene, with the C-H of  $\text{CHCl}_3$  interacting on both sides with the  $\pi$  cloud of benzene (**i**), has been reported for the first time and is in agreement with theoretical predictions (*J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 9600-9601).

**Receptors for alkali metal ions** A family of *p*-*tert*-butylcalix [4]arene-crown-5 with various substituents (H,  $\text{COCH}_3$ ,  $\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$  and  $\text{CO}_2\text{H}$ ) appended at the opposite phenolic oxygen atoms have been synthesized in cone conformation to evaluate their efficiency and selectivity towards different alkali and alkaline earth

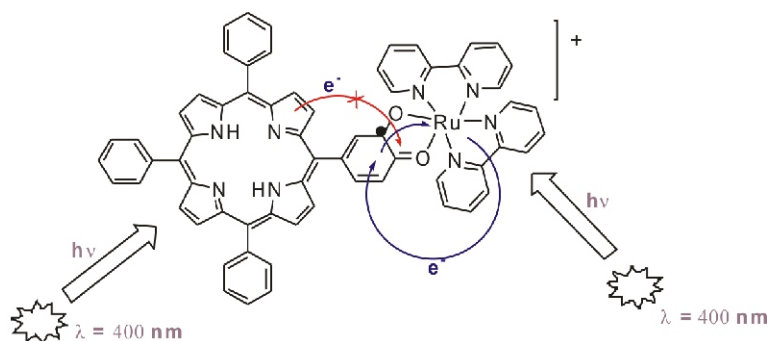
metal ions, and also to ascertain the role of appended side arms in the complexation process. Selectivity of these ionophores has been evaluated by two-phase extraction method using aqueous solution containing equimolar amounts of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$ , followed by ion chromatographic assay of the metal ions in the extract. Among these ions,  $\text{K}^+$  shows highest selectivity in all cases, except in one case where two phenolic oxygen atoms contain  $\text{COCH}_3$  substituents. All the ionophores show poor selectivity towards  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$ . Association constants ( $K_a$ ) for the binding of  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  to these ionophores have been determined spectrophotometrically.  $K_a$  ( $7.2 \times 10^7$ ) is highest for the binding of  $\text{K}^+$  to the ionophore having  $\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$  substituents. Molecular structures of four of the ionophores and four of the metal complexes have been established by single crystal X-ray study. Analysis of the structures revealed that the oxygen atoms of the crown ring and hydrogen atoms of the substituents at the phenolic oxygen are intensively involved in H-bonding interactions and in case of the ionophore with two  $\text{COCH}_3$  substituents, the C-H...O interactions make a eight membered zigzag ring almost perpendicular to the crown ring, which prevents entry of the metal ions in the calix-crown cavity. The ionophore with  $\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$  substituents, where no such interaction is observed, forms metal complexes easily and exhibits the highest association constant.  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR studies have also been carried out to investigate conformational behaviour of the ionophores and their metal complexes in solution.



X-ray structure of the  $\text{K}^+$  complex of a calix-crown ionophore, coordinated oxygen atoms are shown with red ball and  $\text{K}^+$  with blue ball

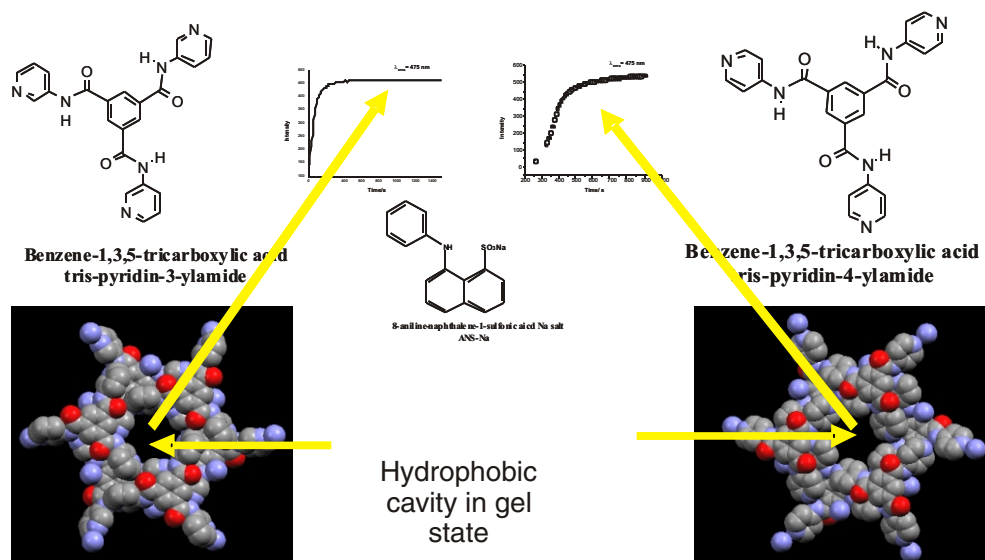
### NIR-active electrochromic device

Newly synthesized semi-quinone-derivatives of the ruthenium polypyridyl complex covalently linked to a porphyrin-core, show very strong absorbance ( $\sim 59000\text{--}83500 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) for the absorption band in the NIR region of the spectrum. The compounds also exhibit reversible electrochromic behavior, as a function of the redox state of the coordinated dioxolene functionality and switching phenomenon between bleaching and restoration of the NIR-peak could be achieved electrochemically. Thus, these complexes could be ideal materials for application in NIR-active electro-chromic devices. Ultra fast studies on complex (1) and its mononuclear components, corresponding catechol derivative of the porphyrin and  $\text{Ru}(\text{bpy})_2(\text{bsq})^+$ , reveal that there is no electron or energy transfer from the porphyrin to the  $\text{Ru}(\text{bpy})_2\text{sq}$ -fragment or vice versa in 1. The observed decrease in the luminescence quantum yield for 1, compared to  $\text{H}_2\text{L}_1$ , can be ascribed to the increased non-radiative pathway due to higher vibronic coupling because of the direct linkage of metal center to the porphyrin moiety.



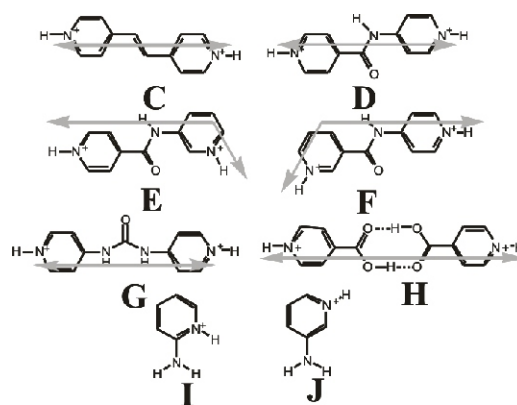
### Non-polymeric organic hydrogelators

Tris-(4/3-pyridyl) trimesic amides have been prepared and tested for hydrogelation. Both compounds showed excellent hydrogelation properties. Single crystal structures determined for both the compounds showed presence of 2D hydrogen bonded network having continuous channels comprising of hydrophobic cavities. Using 8-anilino-1-naphthyl sulfonic acid-Na salt (ANS-Na) as a hydrophobic fluorescent probe, the gel formation has been monitored and it was observed that fluorescence intensity gradually increased with time and remained unaltered after the gel had formed. These results along with single crystal X-ray structures support the formation of hydrophobic cavity formation in gel network.



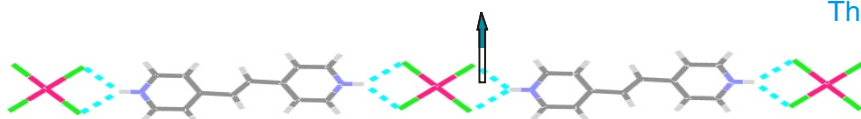
### Designed organic-inorganic hybrid solid

A series of perchlorocuprate salts of pyridinium mono- and dications (Scheme 1) have been synthesized and their single crystal structures analyzed. It was observed that the bifurcated hydrogen bonding synthon N-H...Cl<sub>2</sub>-Cu (synthon A) is important in shaping the supramolecular arrays of such solids. However, occurrence of synthon A is dependent on the topology of the cations, geometry of the anions and other weak interactions in the solid matrix. The figure below represents one such example wherein the alternating arrangement of cation and anion can be observed.



Scheme 1

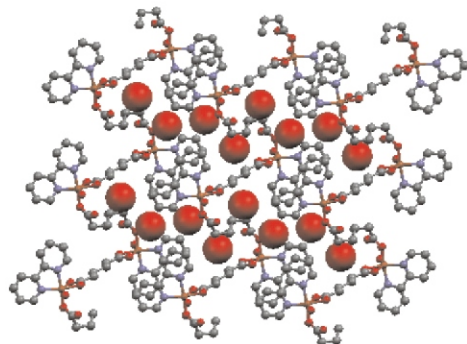
Synthon A



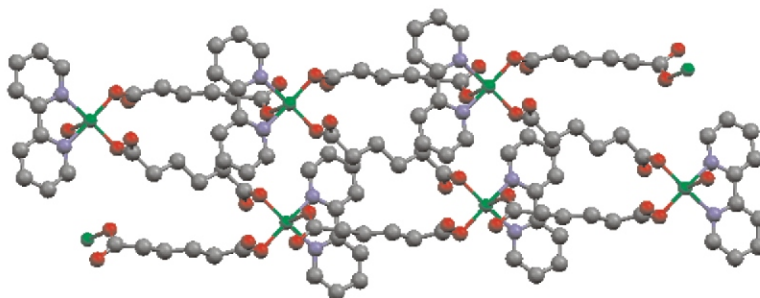
The pyridinium cations studied

## Metal-organic coordination framework

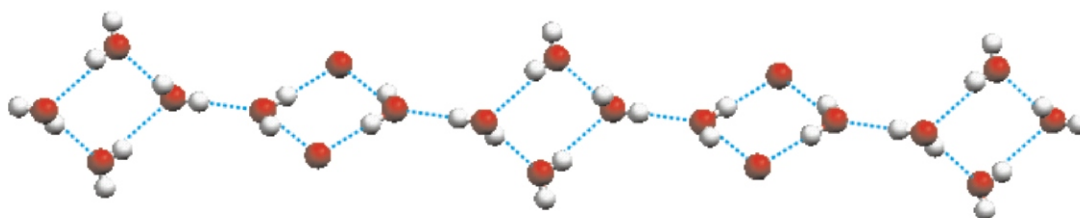
The study of self-assembled finite and infinite metalorganic coordination networks (MONs) is a very active interdisciplinary research area with potential applications in magnetics, optics, electronics, catalysis, and general guest-host interactions. The ability to control or predict the network architectures that obtain from the self-assembly process is a central but elusive goal in this area of supramolecular chemistry. We have been interested to understand the various structural motifs that can be created by using  $\alpha,\omega$ -dicarboxylates with versatile mode of coordination of the carboxylate groups with transition metals and various N-donor ligands. In this direction two coordination ternary Cu(II) coordination polymers  $[\text{Cu}(\text{2,2Bpy})(\mu\text{-adipate-H}_2)]_n \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (1) and  $[\text{Cu}_3(\mu\text{-adipate-H})_2(\mu\text{-adipate-H}_2)_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (2) have been synthesized and by simple one pot reaction. Both these complexes have been isolated and characterized by various physicochemical methods including single crystal X-ray diffraction studies. Structural studies revealed that (1) is a one dimensional zigzag coordination polymer and the packing of the polymeric network with  $\pi$ - $\pi$  interaction of the bpy ring creates cavities which occupy the lattice water molecule with strong H-bonding with the carboxylate oxygens. In the case of complex (2), monodentate carboxylate oxygens from both the ends bridges the Cu(II) centers of the mono and di anionic adipate ligand. In addition to the interesting motif in both these complexes, the tetrameric water tapes generated by O-H...O interaction between the lattice and the coordinated water molecules bridging the adjacent two dimensional sheets by tetrameric water tapes is an interesting observation.



Packing view of the complex  
 $[\text{Cu}(\text{2,2Bpy})(\mu\text{-adipate-H}_2)]_n \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (1)



$[\text{Cu}_3(\mu\text{-adipate-H})_2(\mu\text{-adipate-H}_2)_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (2)

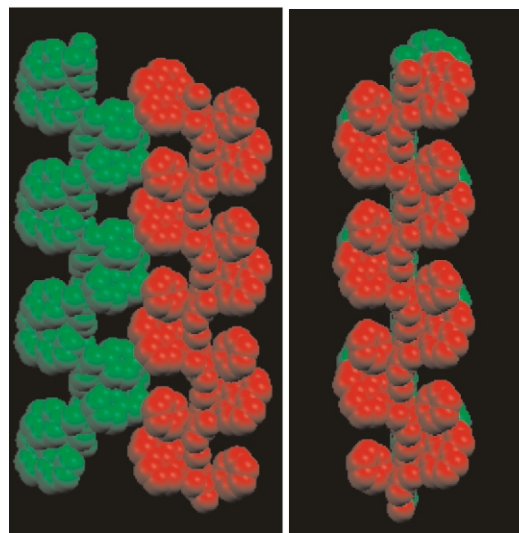


*Tetrameric water tapes in 2 generated by O-H...O interaction between the lattice water and coordinated water molecules*



## Supramolecular Metallohelicates

The self-assembled single stranded supramolecular architecture synthesized by simple one pot reaction, preserving amino acid in their helical skeleton, was investigated for their optical property. The complexes  $[\text{Cu}(\text{DL-Phe})(\text{BPY})](\text{ClO}_4)$  (1),  $[\text{Cu}(\text{DL-Phe})(\text{Phen})(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4)(\text{H}_2\text{O})$  (2) and  $[\text{Cu}(\text{L-Phe})(\text{BPY})(\text{H}_2\text{O})]\text{H}_2\text{OClO}_4$ , (3) where DL-Phe = DL-phenylalanine, BPY = bipyridile, Phen = 1,10-Phenanthroline, were synthesized and characterized by various spectroscopic and analytical techniques. All these three compounds possess almost similar chemical compositions and  $\text{Cu}^{\text{II}}$  geometry, the small difference in the orientation of phenylalanine resulted into folded and extended conformation leading to non-covalently propagated supramolecular helical architecture. The compounds (1) and (2) consisting enantiomeric DL mixture of amino acid the “switch on” and “switch off” nature of their optical behavior is currently under investigation.

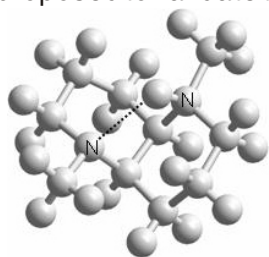


Helical architectures indicating helical rotation; green (folded form), red (extended form) and yellow-red (mixture of folded and extended form) of complex 2.

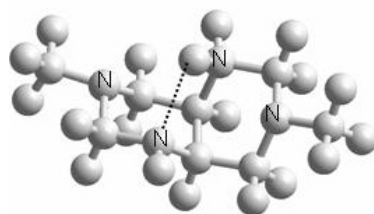
## Computational Study

### $\text{C}_2$ -Chiral Substituted-*cis*-1,3,5,7-tetraazadecalins as proton sponge

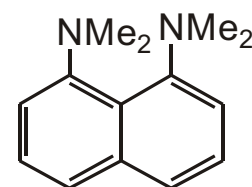
Using density functional quantum chemical calculations chiral 1,5-diaza-*cis*-decalins and substituted 1,3,5,7-*cis*-tetraazadecalins have been designed as chiral proton sponges. The calculated gas-phase proton affinities of 1,3,5,7-*cis*-tetraazadecalins are higher compared to the well-known 1,8-bis(dimethylamino)naphthalene (DMAN) compound. Cooperative and anomeric effects seem to be responsible for the stabilization of the protonated forms in 1,3,5,7-tetraazadecalins. These calculated results show that the 1,5-diaza-*cis*-decalins and N-substituted-*cis*-1,3,5,7-tetraazadecalins can be used as chiral proton sponges and will have a range of useful applications in asymmetric synthesis. As a first step it is proposed to validate the theoretical calculations through experimental determination of the  $\text{pK}_a$ .



1,5-diaza-*cis*-decalin  
[1048]



1,3,5,7-*cis*-tetraazadecalin  
[1055]

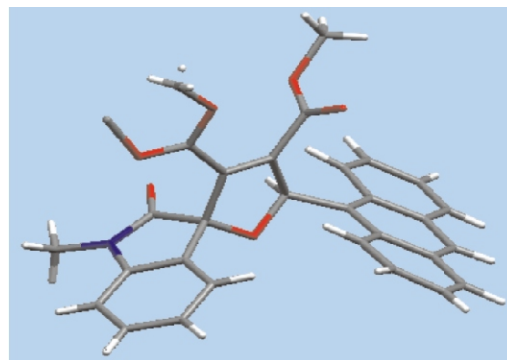


DMAN  
[1030]

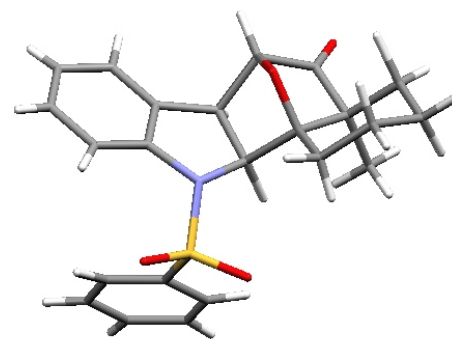
Proton affinity B3LYP/6-31+G\*\* (kJ/mol)

## Tandem reactions toward alkaloids and terpenoids.

**Alkaloids** The three-component reactions of cyclic diazoamides involving rhodium(II) acetate catalyst were utilized for the synthesis of spiro-furans incorporating the oxindole unit (**a**). The processes involving bis-diazoamides and bis-aldehydes lead to the simultaneous creation of four carbon-carbon bonds, two carbon-oxygen bonds and four chiral centers in a single synthetic step. The operational simplicity, high diastereoselectivity and high yield are salient features of this multistep, one-pot synthesis of novel heterocyclic compounds (*J. Org. Chem.* 2004, 69, 5631).

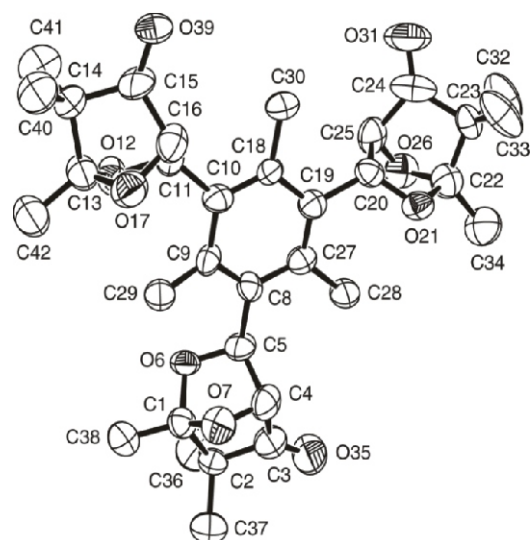
X-ray crystal structure of compound **a**

In another synthesis, five-membered-ring cyclic carbonyl ylides, generated from the rhodium(II)-catalyzed reaction of  $\alpha$ -diazo ketones, undergo successful 1,3-dipolar cycloaddition reaction across indole  $\pi$ -bonds to produce oxa-bridged decahydrobenzocarbazoles (**b**) in a facile manner (*Tetrahedron* 2004, 60, 7885). This tandem intramolecular cyclization-intermolecular cycloaddition sequence is attractive as eight stereocenters, four carbon-carbon bonds and two carbon-oxygen bonds are formed concomitantly in a single step with a high degree of stereo and regiocontrol under mild experimental conditions.

X-ray structure of compound **b**

**Terpenoids** The transient five-membered ring carbonyl ylides generated from  $\alpha$ -diazo ketones undergo multiple 1,3-dipolar cycloaddition reactions with heterodipolarophiles such as ketone or aldehyde functional groups to afford the bis- or tris-epoxy-bridged tetrahydropyranone ring systems (**c**) in a chemo- and diastereoselective manner (*Tetrahedron Lett.* 2004, 45, 6485).

An efficient approach to synthesize spirocarbocycles with various ring sizes via rhodium(II)-catalyzed tandem cyclization-1,3-dipolar cycloaddition reaction was developed that features a rapid construction of the oxa-bridged spiro[n,m]alkanes (**d,e**) under mild conditions with high regio-, chemo- and diastereoselectivities (*Chem. Commun.* 2005, 3862).

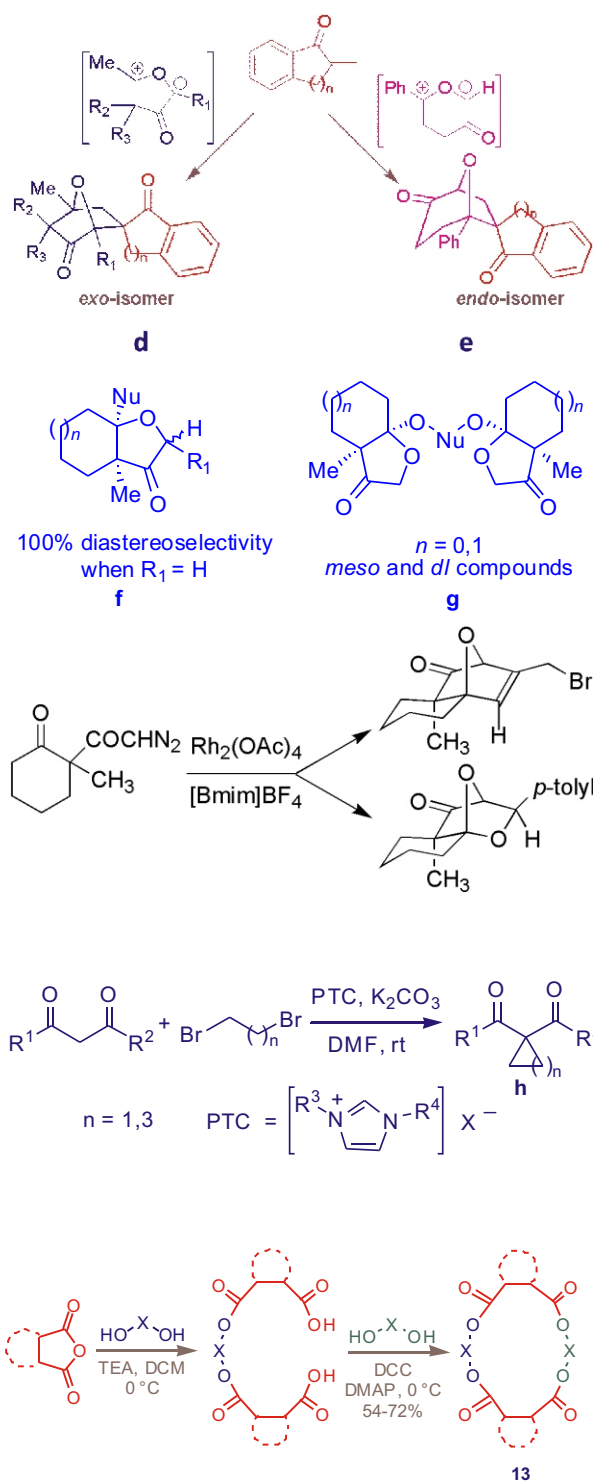
X-ray structure of compound **c**

A range of *cis*-fused hexahydro-1-benzofuran-3(2*H*)-one or tetrahydro-2*H*-cyclopenta[*b*]furan-3(3*aH*)-one ring systems (**f**) was synthesized by the rhodium(II) acetate catalyzed reaction of  $\alpha$ -diazocarbonyl compounds in the presence of various oxygen, nitrogen and sulfur nucleophiles. A double nucleophilic addition was possible to obtain (**g**) by using an excess of  $\alpha$ -diazo ketone. This process discloses the first example of tandem cyclization-nucleophilic addition reaction (*Org. Lett.* 2005, 7, 4577).

We have also demonstrated for the first time that the tandem cyclization-1,3-dipolar cycloaddition reaction of  $\alpha$ -diazo ketones induced by rhodium(II) acetate catalyst in [bmim]BF<sub>4</sub> ionic liquid as a solvent at room temperature. (*Tetrahedron* 2005, 61, 1309). This process was also studied in other ionic liquids with different rhodium and copper catalysts. The solvent [bmim]BF<sub>4</sub> and the catalyst Rh<sub>2</sub>(OAc)<sub>4</sub> can be recovered conveniently and reused.

## New synthetic methods

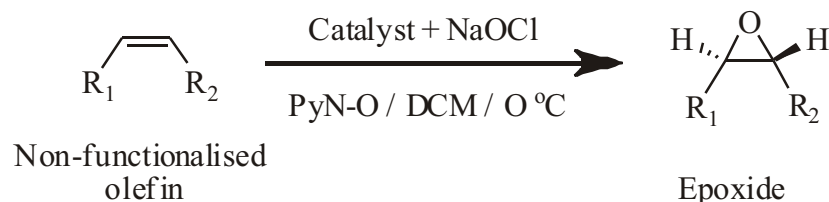
We have developed a novel method to synthesize macrocyclic tetralactones in a facile manner from commercially available raw materials. This methodology provides synthesis of medium- and large-sized macrocyclic tetralactones having oxyethylene-, alkenyl-, alkynyl-, alkyl-, and aryl spacers. Further, the multiple reduction of unsaturated macrocyclic tetralactones was successfully performed to afford fused, saturated macrocyclic core under mild conditions (*Org. Lett.* 2006, 8, 1913). We have also demonstrated that environmentally benign imidazolium salts can be used as phase transfer catalysts for the dialkylation and cycloalkylation reactions of active methylene compounds under mild conditions. Notably, cyclopropane and cyclopentane derivatives (**h**) were obtained in good yields at room temperature (*Tetrahedron Lett.* 2005, 46, 635).



## DISCIPLINE OF INORGANIC MATERIALS AND CATALYSIS

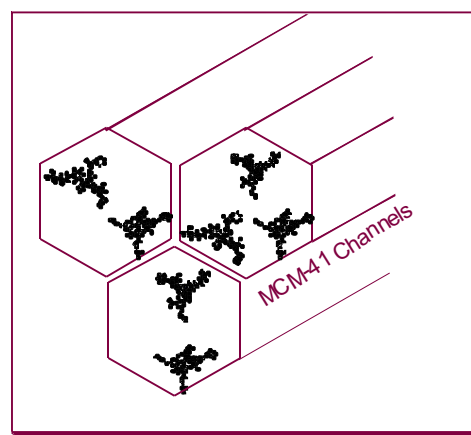
## CHIRAL CATALYSIS

## Recoverable chiral catalysts for asymmetric epoxidation



## Immobilization of chiral Mn(III) salen complexes on MCM-41

Further to the earlier reported studies on anchoring of chiral Mn(III) salen complexes in the clay interlayer space, it has now been possible to anchor the complex on pyridine N-oxide-modified ordered mesoporous silica-MCM-41, where the pyridine N-oxide functions as an axial ligand. The enantioselectivity towards epoxidation of styrene was found to be better than that observed with the homogeneous counterpart (62-69% vs. 36-51% under homogeneous conditions) however the rate of reaction was slower. These catalysts were also effective for the bulkier alkenes such as indene and 2,2-dimethylchromene and have shown comparable reactivity (82-98%) as well as enantioselectivity (69-92%) to that of homogeneous system. The catalyst could be separated by simple filtration and recycled several times without loss of performance. (*J. Catal.* 235(2005)28; *Tetrahedron: Asymmetry*, 16(2005)3562; *J. Catal* 238(2006)134).

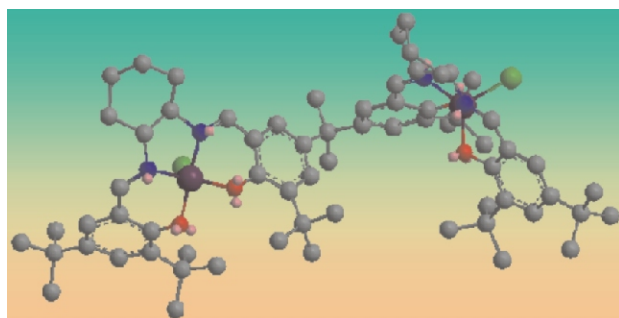


Mn(III)salen supported MCM-41

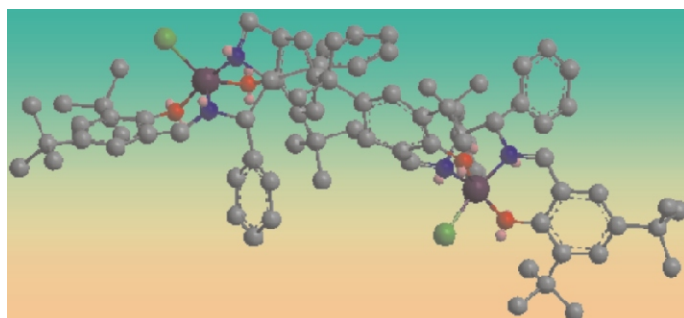
Dimeric and polymeric Mn<sup>III</sup> salen complexes as recyclable catalyst

Dimeric Mn<sup>III</sup> salen complexes 1a and 1b were synthesized for asymmetric epoxidation reactions, as an alternative approach for easy recoverability of the catalyst. These catalysts exhibit high efficiency and selectivity and can be very easily recovered at the end of the reaction through simple precipitation with non-polar solvents while the product remains in solution. Polymeric chiral Mn(III) salen complexes could also be synthesized through a simple protocol and can be recovered easily after completion of the reaction. (*J. Catal.* 224(2004)229; *J. Mol. Catal.*, 218(2004)141; *Catalysis Lett.*, 107(2006)127)





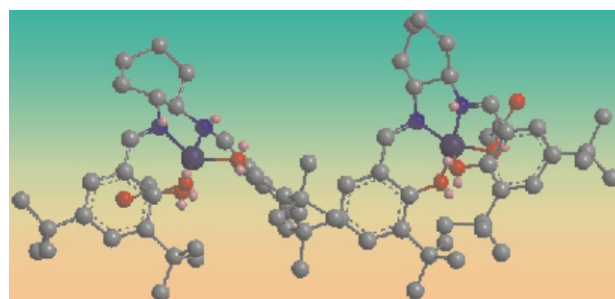
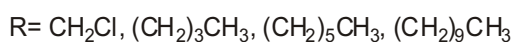
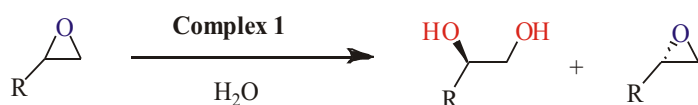
1a



1b

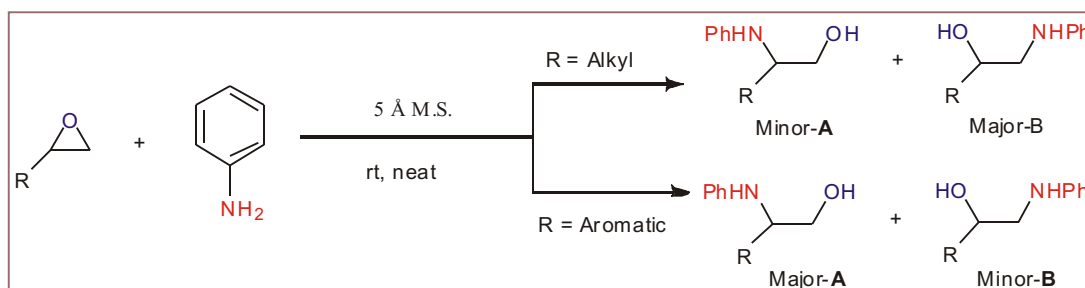
Dimeric Mn<sup>II</sup> Salen complexes 1a and 1b

Epoxides which cannot be synthesized directly with high enantioselectivity can nonetheless be obtained in high chiral purity through hydrokinetic resolution of the racemate. Recyclable dimeric Co(III) salen complexes are found to be particularly useful for this purpose. Enantiomerically pure epoxides and diols (99%, ee) from racemic epichlorohydrin, 1,2-epoxypropane, 1,2-epoxyhexane, 1,2-epoxyoctane and 1,2-epoxydodecane were achieved by hydrolytic kinetic resolution and the catalyst could further be recycled. (*Chirality* 17(2005)1)

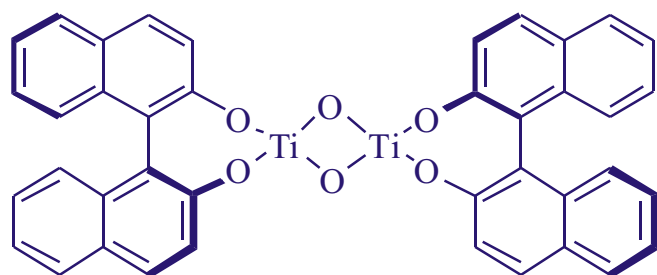
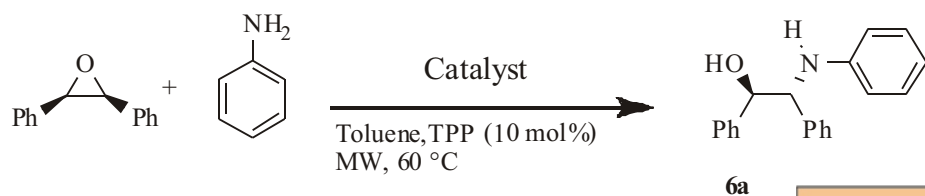
Dimeric Co<sup>III</sup> Salen complex 1

## Epoxide ring opening reactions under solvent free conditions

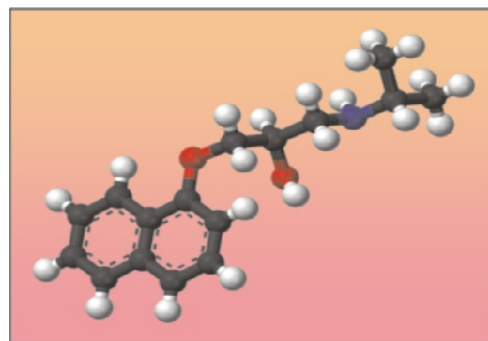
Zeolite A molecular sieve was found to be a useful catalyst for preparation of chiral amino alcohols in good yield and selectivity from the precursor chiral epoxides. The reactions could be carried out under solvent-free conditions. Interestingly, the regioselectivity was reversed when the R group of the epoxide varied from alkyl to aryl. This reaction is an improvement over the known reaction employing BiCl<sub>3</sub> as catalyst. (*Eur. J. Chem.*, (2006)1303; *Tetrahedron Lett.* 47(2006)527; *Tetrahedron Asymmetry* 17(2006)1638)



### Asymmetric ring-opening of meso-epoxides



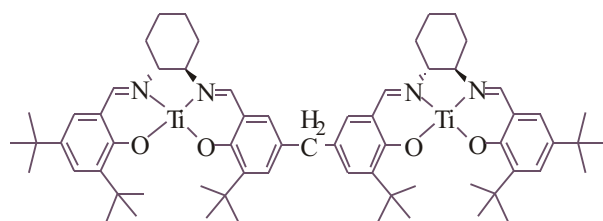
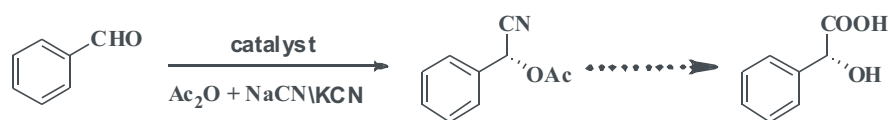
Catalyst



**Propranolol**- A Potent  $\beta$ -blocker used in the treatment of hypertension prepared by the epoxide ring opening reaction

### Ti(IV)-Salen complex catalyzed asymmetric synthesis of O-acetylcyanohydrin using cyanides

Chiral cyanohydrins have potential applications in pharmaceuticals, agrochemicals and other fields and many efficient and successful synthetic methods for their preparation have been developed. Recyclable Ti(IV) dimeric salen complexes were synthesized *in situ* and were used as efficient catalysts for asymmetric cyanation of a series of aldehydes using NaCN/KCN as cyanide source. Excellent yield of O-acetylcyanohydrins was achieved in 12-17h at -20 to 10 °C with high chiral induction (up to 90% ee). As in the case of dimeric Mn- and Co-salen complexes, Ti-salen complex too could be easily precipitated out and recycled. (*Eur. J. Org. Chem.* (2006)3175; *J. Mol. Catal.* 264(2006) 140; *Tetrahedron: Asymmetry*, 17(2006)2659)



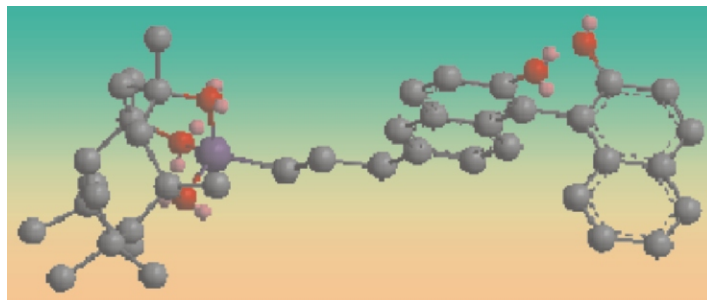
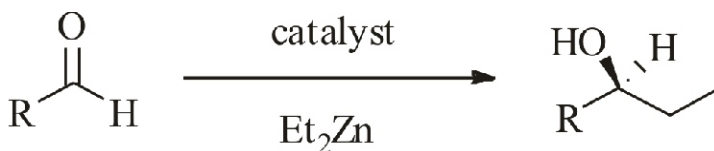
Ti(IV) dimeric salen complex



Mandelic acid is a key ingredient in skin care formulations besides its use as an intermediate in several chiral drugs. It is synthesized by the hydrocyanation reaction of benzaldehyde

### Chiral BINOL ligand immobilized on mesoporous silica

Chirally pure BINOL ligand was immobilized via its sixth position onto two mesoporous silicas having different pore sizes [MCM-41 (37 Å) and SBA-15 (68 Å)]. This heterogeneous chiral auxiliary was used with  $\text{Ti}(\text{O}^i\text{pr})_4$  as a catalyst in asymmetric alkylation of aldehydes by the addition of diethyl zinc. Yield up to 90% and product selectivity up to 93% was obtained for secondary alcohols. Better enantio-induction (69%) was obtained with SBA-15 as immobilization support. Capping of silanol groups in the immobilized catalyst through reaction with trimethylsilyl (TMS) group improved the performance further. (*J. Mol. Catal.*, 244 (2006) 110; *Tetrahedron Asymmetry* 17(2006)1506)



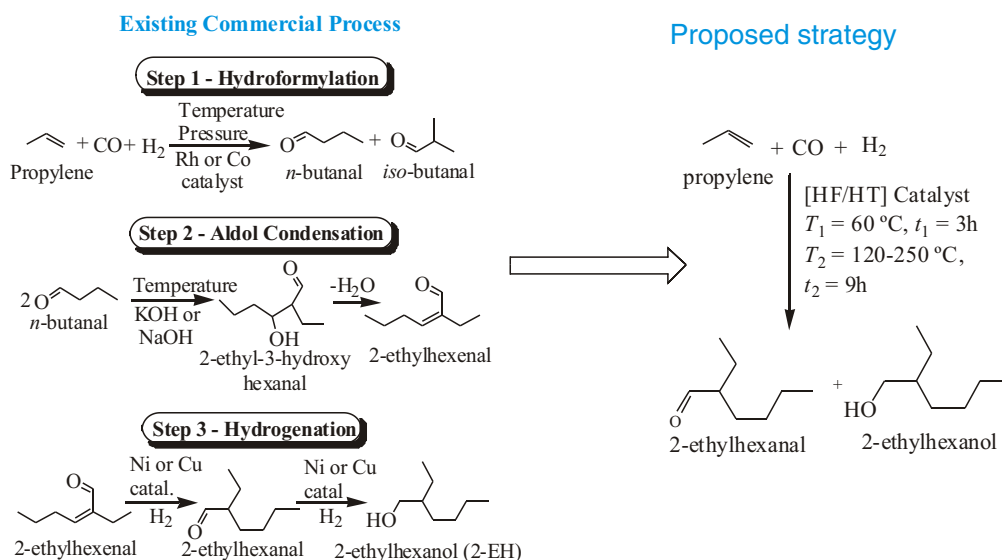
Immobilized chiral BINOL on mesoporous silica

## C<sub>1</sub> Chemistry

### Hydroformylation of alkenes using syngas (CO+H<sub>2</sub>)

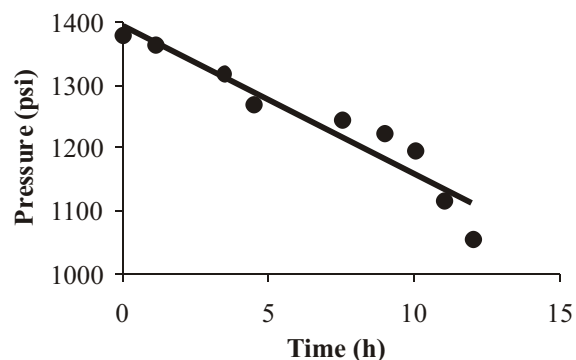
#### One pot synthesis of 2-ethylhexanol from propylene

The industrial process for the synthesis of 2-ethylhexanol from propylene shown in the scheme has several drawbacks, viz. (i) process involves 3 steps, (ii) requires alkali in large amount for aldol condensation in the second step with concomitant effluent disposal problem, and (iii) cumbersome post-synthesis work-up. One pot synthesis of 2-ethylhexanol from propylene involving Oxo-Aldol reaction using a multi-functional catalyst has been attempted (*Catalysis Communication*, 7, 881, 2006; *US Patent Publication No. 20060149101A1*).



### Ligand selective hydroformylation of ethylene

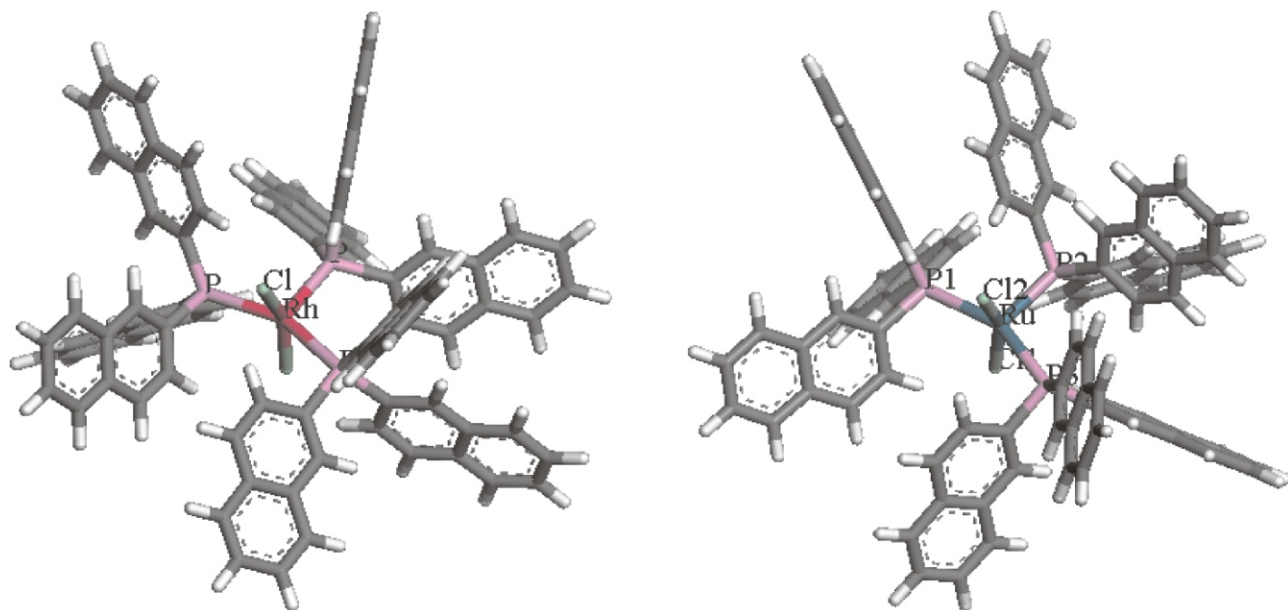
Hydroformylation of ethylene by syn-gas at 150°C was catalyzed by Rh, Co, Pd and Ru complexes bearing triphenyl phosphine, triphenyl arsine and triphenyl antimonyl ligands. The studies indicated that that  $\text{AsPh}_3$  is also a useful ligand. Among studied metals, Rh, Co and Pd complexes selectively yielded aldehyde product whereas Ru complexes yielded aldehyde and alcohol both. The conversion and selectivity of the metals with  $\text{PPh}_3$ ,  $\text{AsPh}_3$ ,  $\text{SbPh}_3$  ligands showed that, as expected, Rh complexes are more efficient than Co, Pd and Ru complexes. Except in the case of Rh, all the studied metal complexes with  $\text{AsPh}_3$  ligand were found to show better hydroformylation catalytic activity than the corresponding complexes with  $\text{PPh}_3$  and  $\text{SbPh}_3$  ligands (*React.Kinet.Catal.Lett.*, 85, 3, 2005).



Plot of pressure vs time during the hydroformylation of ethylene at 150°C, Co/ $\text{AsPh}_3$  = 1:60 (molar ratio),  $p(\text{C}_2\text{H}_4)$  = 30 bar and  $p(\text{CO}+\text{H}_2)$  = 50 bar

### New metal complexes for hydroformylation of alkenes

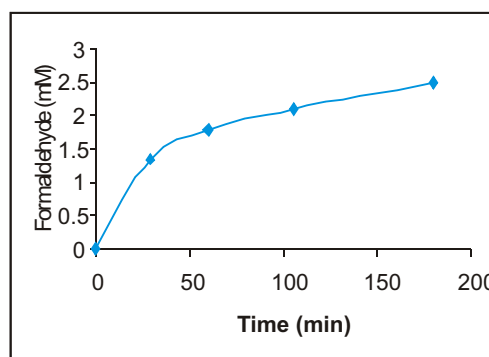
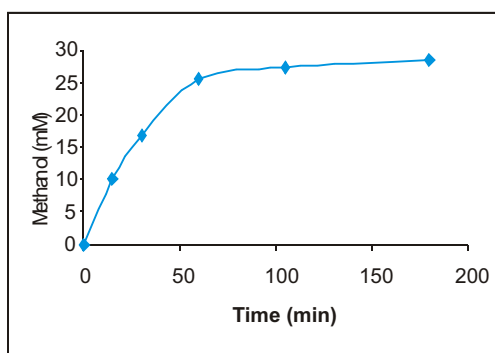
Rh/Ru metal complexes made with the bulkier trinaphthylphosphine ( $\text{PNp}_3$ ) ligand exhibit higher selectivity towards aldehydes at elevated temperatures. Selectivity was found to be increased. No hydrogenated product was observed and the normal to iso aldehyde ratio was found to be 0.8.



Optimized structures of Ruthenium and Rhodium metal complex of trinaphthyl phosphine using Density Functional Theory

## Direct oxidation of CH<sub>4</sub>

Catalytic oxidation of methane by molecular oxygen was performed at moderate (15 atm) pressure and room temperature (30 °C) in 1:1 water-acetone (v/v) solvent using a salen (bis salicylaldehyde ethylene diamine) based  $\mu$ -oxo di acetato bridged ruthenium complex as a catalyst in which methanol was found to be the major product with small formation of formaldehyde. The rate of methanol formation was found to be favored on increasing the concentration of the catalyst, pressure of methane, pressure of molecular oxygen and ratio of methane: molecular oxygen. Methanol formation was found to be 6.3 % in terms of consumption of methane with turn over number of 16 cycles per hour per mole of the catalyst.

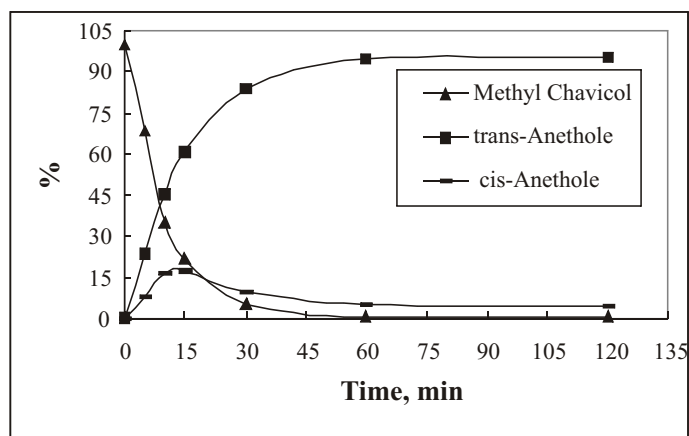


**Reaction conditions :** [Catalyst] = 0.5mM,  $p\text{CH}_4 = 10$  atm.,  $p\text{O}_2 = 5$  atm., total pressure = 15 atm., temp. = 30°C, RPM= 450

## Green fine chemical synthesis using catalysis

### Isomerization of methyl chavicol to *trans*-anethole at 0.50 kg level scale

A commercially potential metal complex  $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$  catalysed conversion of methyl chavicol to *trans*-anethole, a perfumery chemical, investigated using variety of solvents gave the most encouraging results in ethanol in which the maximum conversion (99.7%) and selectivity of *trans*-anethole (95.4%) was obtained. Maximum conversion (99.7%) and selectivity (95.4%) were obtained with ethanol. The process was studied at 0.5 kg using 2.5 g of catalyst. The yield of product (*cis* + *trans* anethole = 0.49 kg) and the re-cyclability of the catalyst were observed to be excellent. The catalyst as well as solvent were recycled five times without significant loss in conversion and selectivity (*J. Molecular Catalysis*, 245, 200, 2005).

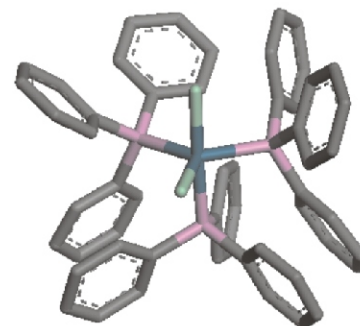


*Mass balance for methyl chavicol consumption and selective formation of trans-anethole with time. Reaction Conditions: methyl chavicol = 1 g, solvent (ethanol) = 3g, catalyst,  $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3 = 5$  mg, reaction time = 2h at refluxing (84° C).*



Data on the reusability of the Catalyst  $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$

Catalyst Cycle	Conversion (%)	Selectivity of <i>trans</i> - anethole (%)
First Recycle	99	95
Second Recycle	98	94
Third Recycle	95	94
Fourth Recycle	93	94
Fifth Recycle	90	93

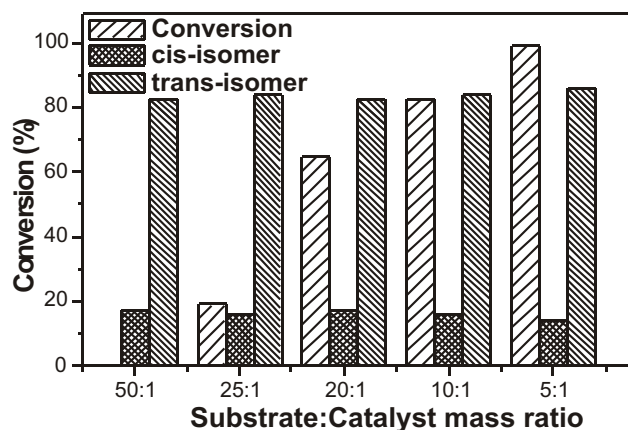


$\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$

Solid base binary and ternary hydrotalcite catalysts for double bond isomerization

Isomerization of estragole to anethole was carried out over binary hydrotalcites,  $\text{M(II)M(III)-xHT}$ , ( $\text{M(II)} = \text{Mg, Ni, Co, Cu}$  and  $\text{Zn}$  and  $\text{M(III)} = \text{Al, Fe}$  and  $\text{Cr}$ ) with different metal ion combinations and concentrations.

Among various hydrotalcites studied with Al as trivalent cation, Mg and Ni showed highest activity. Trivalent metal ion variation revealed a maximum activity for Al, followed by Fe and Cr, and a direct correlation was noted between the activity and the crystallinity of these solids. Variation of Mg/Al atomic ratio in MgAl binary hydrotalcites showed that the catalyst with Mg/Al atomic ratio of 4.0 has highest activity. Solvents with higher polarity favored the reaction. Variation of substrate:catalyst mass ratio for MgAl-4HT showed that the activity increased with decrease in this ratio, wherein a maximum conversion of 99% in 6h was observed with a substrate:catalyst mass ratio of 5:1 with a *cis:trans* ratio of 14:86 (*Catalysis Communications*, 6, 394, 2005; *J. Catalysis*, 231, 381, 2005; *J. Molecular Catalysis*, 244, 83, 2006).



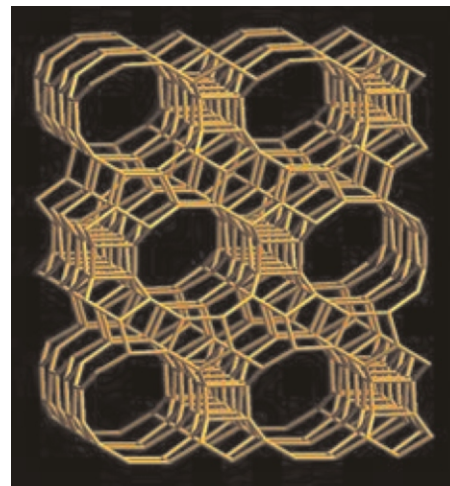
Variation of substrate:catalyst mass ratio for isomerization of estragole over MgAl-4HT (substrate: 0.5g ; solvent: DMF (20ml) ; reaction temp./ time: 200°C/ 6h)

Nitration of o-xylene using rare earth cation-exchanged zeolite-  $\beta$  as solid acid catalysts

Aromatic nitration reactions are particularly important in pharmaceutical and fine chemical industries. The traditional catalysts ( $\text{HNO}_3$  and  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mixture) have limitations such as environmental pollution hazards arising from the disposal of spent catalysts. Nitration of o-xylene was studied using rare earth (Ce, Gd, Sm, Pr, La, Dy, Nd, Eu) cation-exchanged  $\beta$ -zeolites. The catalytic activity was studied for the nitration of o-xylene with  $\text{HNO}_3$  as nitrating agent. Acetic anhydride is the favoured solvent medium and the activity of Ce- $\beta$  was found to be maximum with 86% conversion and 58% para selectivity. Characterization of the catalysts was carried out using SEM, XRD and IR spectroscopy (*Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 252, 194(2006)).

Nitration of *o*-xylene with H- $\beta$  and rare earth cation exchanged zeolites

Catalyst	Conversion (wt%)		Selectivity (wt%)			
	AC <sub>2</sub> O	DCE	<i>p</i> -Nitroeylene		<i>o</i> -Nitro-xylene	
			AC <sub>2</sub> O	DCE	AC <sub>2</sub> O	DCE
Ce- $\beta$	86	61	58	55	31	45
Gd- $\beta$	77	43	58	54	33	46
Sm- $\beta$	77	40	56	51	29	49
Pr- $\beta$	77	53	56	54	34	46
La- $\beta$	76	54	57	63	29	37
H- $\beta$	74	53	61	60	27	40
Dy- $\beta$	70	60	56	61	29	39
Nd- $\beta$	67	65	57	55	29	45
Eu- $\beta$	66	50	56	60	29	40

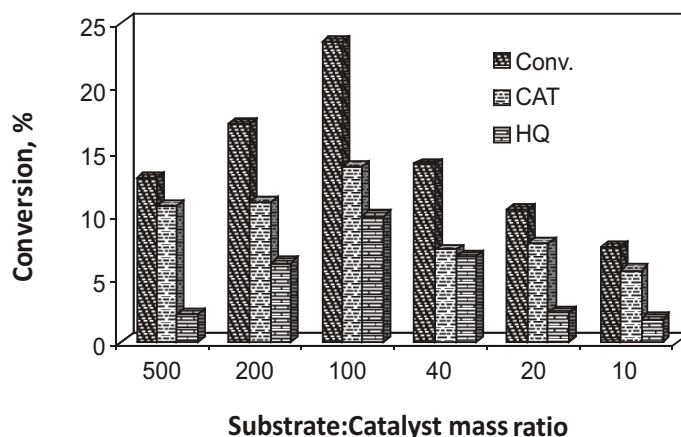
Zeolite  $\beta$  Structure

Reaction Conditions: *o*-xylene:solvent = 1:4(v/v); *o*-xylene:HNO<sub>3</sub> = 1:1.2 ratio; reaction temperature = 100°C; reaction time = 3 h; catalyst 0.1 g after activation at 450°C for 2 h.

## Hydroxylation of phenol over CuMgAl ternary hydrotalcites with different Cu/Mg atomic ratios

CuMgAl ternary hydrotalcites with different Cu/Mg atomic compositions (5.0 to 0.2) were synthesized without co-crystallization of any impurity phases. Orderliness of the HT-like lattice and thermal stability of these materials increased with increasing magnesium concentration as evidenced from *in situ* powder x-ray diffraction and TGA measurements. Activity for selective hydroxylation of phenol using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as oxidant and H<sub>2</sub>O as solvent increased with increasing copper concentration while normalized activity showed a reverse trend. A mixed trend in the activity was noted with the variation in substrate:catalyst ratio in identical conditions. Comparison of the activity of as-synthesized hydrotalcites with their corresponding calcined forms indicated that the former are more active than the latter.

Hydroxylation of phenol was carried out over these differently aged samples and aging time of 6h was found to be optimum for the Cu-containing sample (*J. Phys. Chem. B*, 110 (2006) 12365; *Catalysis Survey from Asia*, 10, 117, 2006)



M(II)MnAl ternary hydrotalcites with M(II)=Cu or Mg with M((II)+Mn)/Al=3.0 and M(II)/Mn=90:10 were synthesized through co-precipitation method with different aging times ranging from 0.5-18 h.

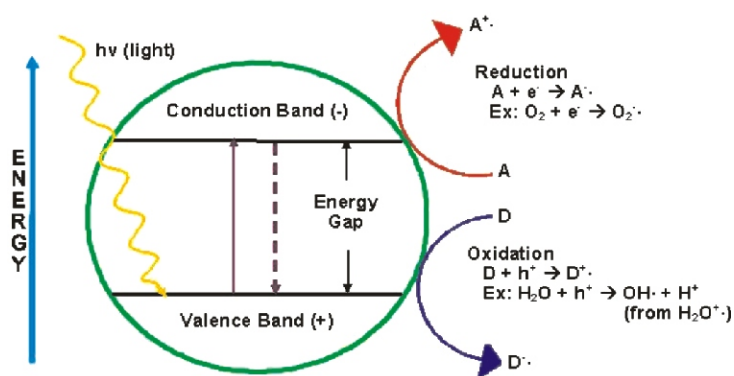
### Hydrogenation of internal olefin with Ruthenium catalysts

Ruthenium triphenylphosphine and trinaphthylphosphine complexes were found to be useful catalysts for the hydrogenation of 2-octene. Ruthenium trinaphthylphosphine was the more efficient catalyst and gave 100 percent conversion in 120 mins (0.25 mmol of catalyst and 5.5 mmol of 2-octene in 50 ml THF; T=80°C; P=40 atm) vs. 74% with the corresponding TPP complex.

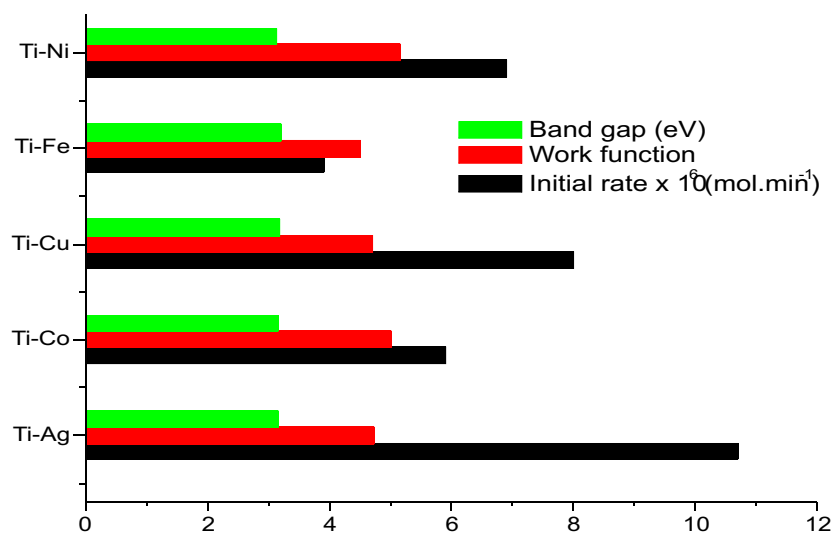
### Photocatalysis

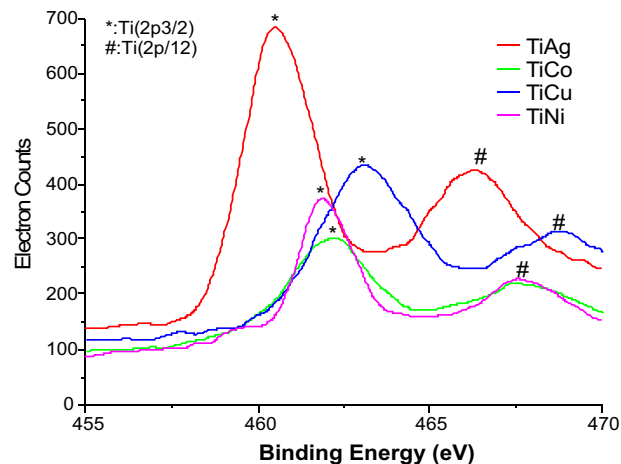
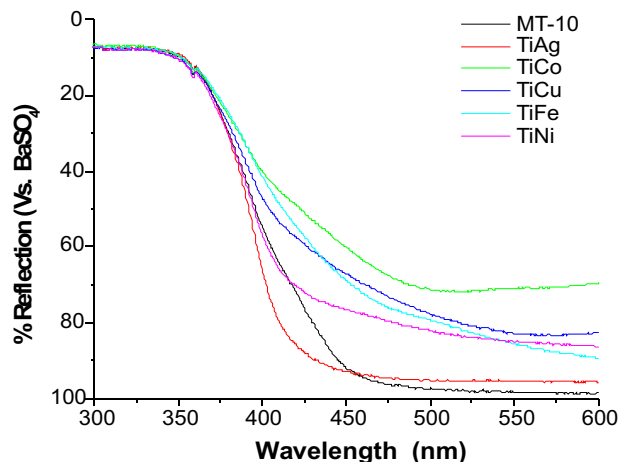
#### Metal impregnated nanocrystalline mesoporous TiO<sub>2</sub>

The photocatalytic activities of silver-, cobalt-, copper-, iron-, and nickel-impregnated nanocrystalline mesoporous TiO<sub>2</sub> were evaluated by studying the degradation of nitrobenzene in aqueous medium under UV radiation. Rate of reaction was studied by monitoring the COD of degraded aqueous solution as a function of time. It was observed that the initial rate of degradation of nitrobenzene in silver-impregnated catalyst was higher than all other catalysts used. (*Industrial Engineering Chemistry Research, 45, 922, 2005*).



Initial rate, band gap and work function of metal impregnated catalysts

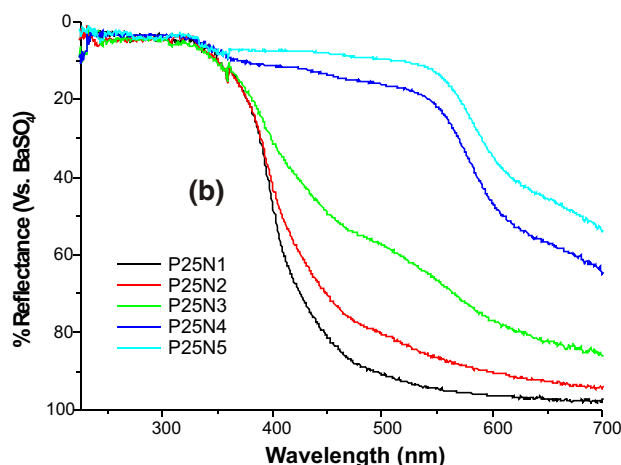
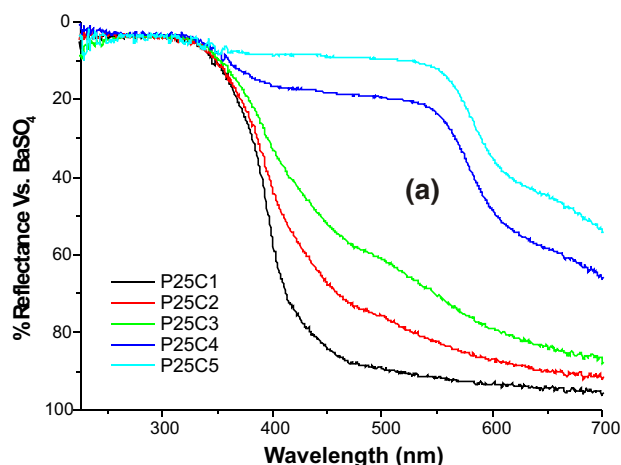




DRS spectra and XPS analysis of metal-impregnated catalysts of the Ti 2p region

### Anion effect on photocatalyst impregnated with Fe salts

P-25 Degussa photocatalyst was impregnated using chloride and nitrate ions of iron, to have an alternative to chloride ion which is observed to inhibit photocatalytic activity. The photocatalysts were prepared by wet impregnation method using ferric chloride and ferric nitrate solutions with varying amount of Fe metal from 0.1-10 % (w/w). These catalysts were characterized by XRD, single point surface area, DRS and SEM analysis. The results suggest that it may be feasible to replace chloride with nitrate to avoid inhibition of catalytic activity.



Different amount of Fe impregnated in P25 Degussa using a) Ferric chloride b) Ferric nitrate solution.

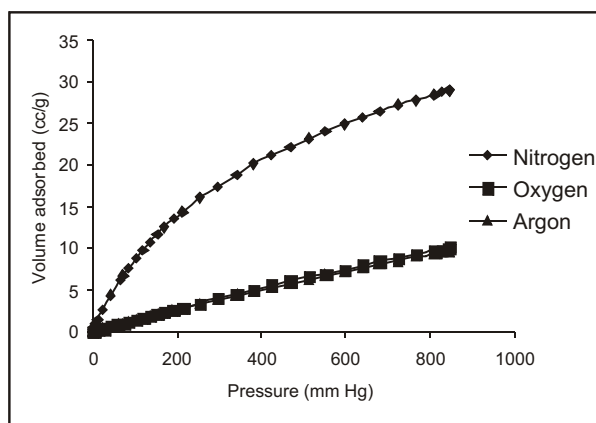
### Decolorisation of dyes under solar light

Investigations were performed for the decolorisation of various dyes under solar light instead of UV light using photocatalyst P-25 Degussa. Degradation of Methylene blue, Malachite green, Orange G and Bromocresol green dye under solar light was studied and it was found that all the dyes were completely decolorized under solar light although, as expected, the rate of degradation was faster in case of UV light.

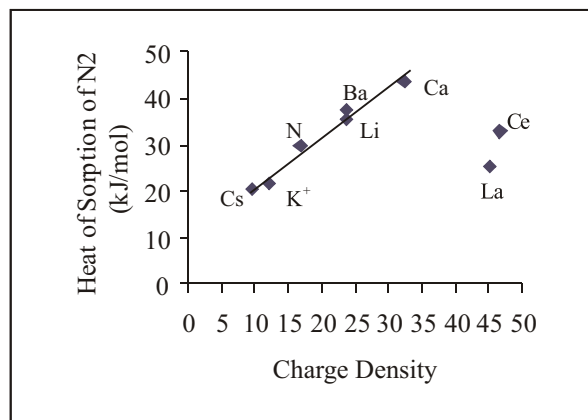
## Adsorption on zeolites

### Adsorption of nitrogen, oxygen and argon on mordenite zeolite with mono, di and trivalent cation

Mordenite zeolite is exchanged with mono-, di- and trivalent cations to increase its nitrogen selectivity and capacity for the separation of oxygen from air by pressure swing adsorption. Sodium form of mordenite was exchanged with lithium, potassium, caesium, calcium, barium, lanthanum and cerium ions. The equilibrium adsorption measurements were carried out at two different temperatures in order to calculate the isosteric heat of adsorption. From the adsorption measurements, it has been noted that  $\text{Li}^+$ -exchanged and  $\text{Cs}^+$ -exchanged mordenite have the highest and lowest adsorption capacities, respectively, for nitrogen adsorption. It is further concluded that  $\text{N}_2$  adsorption selectivity is governed by electrostatic interactions (*Industrial Engineering Chemistry Research*, 44, 6856, 2005; *Langmuir*, 21, 11220, 2005).



Adsorption isotherms of  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  and Ar on Lithium exchanged mordenite at 288.2 K



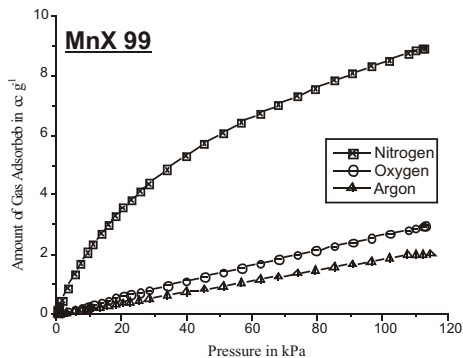
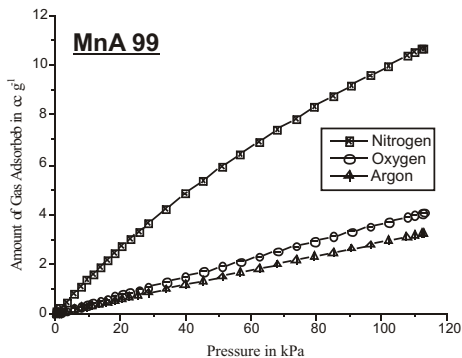
Heat of sorption of  $\text{N}_2$  as function of extra-framework cation charge density.

### Adsorption on manganese (II) exchanged zeolites of type A and X

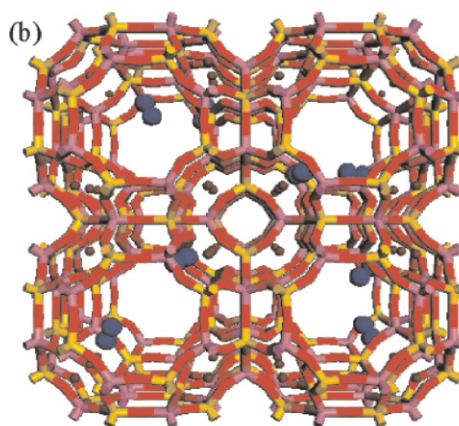
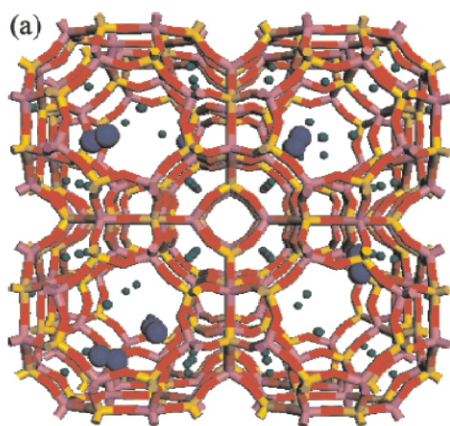
Manganese (II)-exchanged zeolites of type A and X were synthesised and characterised and the adsorption of  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  and Ar at 288.2 and 303.0K were studied. In manganese-exchanged zeolite A, the values for  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  and Ar adsorption capacities increased linearly at all equilibrium pressures studied. In the case of manganese (II) exchanged zeolite X also, the adsorption capacities for these gases increase with the degree of Mn(II) exchange. But the increase in the  $\text{N}_2$  sorption is sharp in the low-pressure region and the isotherm becomes non-linear. The  $\text{O}_2$  and Ar adsorption capacities, on the other hand, are observed to increase linearly with pressure.

The values of Henry's constant, Langmuir constant and isosteric heat of adsorption as well as grand canonical Monte Carlo simulation studies shows that the nitrogen molecules interact strongly with the Mn(II) ions in the zeolite cavities.



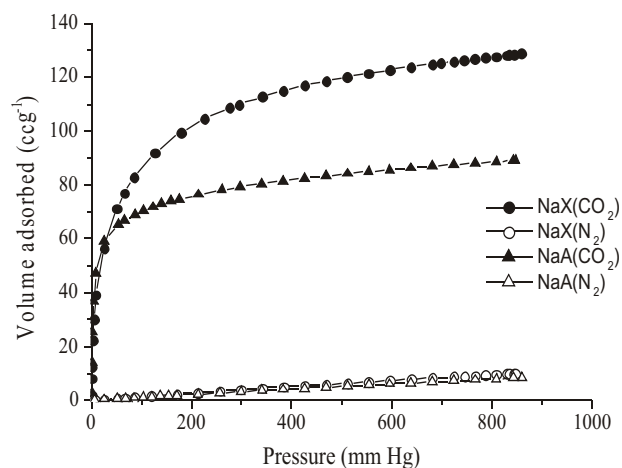


Adsorption isotherms on MnA 99 and MnX 99 at 303.0K

Unit cell structure with nitrogen adsorbed at 101 kPa and 303 K in (a) NaA and (b) MnA (yellow for silicon, pink for aluminum, red for oxygen, green for sodium ions, brown for Mn(II) ions, and blue for  $N_2$  molecules)

### Adsorption of $CO_2$ and $N_2$ on NaX and NaA zeolites

The adsorption studies were performed for  $CO_2$  and  $N_2$  on NaX and NaA zeolites at 303 K and corresponding isotherms are shown in adjacent figure. The adsorption capacity for  $CO_2$  is very high in both zeolites compared to the adsorption capacity for  $N_2$ . The adsorption isotherm of  $CO_2$  in NaA at 303 K is almost square type which is unfavorable for the pressure swing adsorption (PSA) process. Zeolite adsorbents mainly interact with  $CO_2$  and  $N_2$  molecules through electrostatic interactions.  $CO_2$  having higher quadrupole moment (4.2 esu) than  $N_2$  (1.2 esu) is expected to interact strongly through the zeolite surface, which could explain the higher degree of adsorption  $CO_2$  in zeolite adsorbents.

Adsorption isotherms of  $CO_2$  and  $N_2$  in NaX and NaA zeolites at 303 K.

### Industrial waste: recovery and value addition

#### Process for production of sodium silicate, zeolite-A, and precipitated silica from Kimberlite

Process technology package comprising of process know-how, equipment specifications and market survey for the preparation of sodium silicate (50 kg scale), precipitated silica (5 kg scale) and zeolite-A (10 kg scale) from residual silica recovered from Kimberlite waste was submitted to NMDC, Hyderabad. Based on these investigations three patent applications entitled (1) An energy- efficient Process for the Preparation of Sodium Silicate from Kimberlite Tailings, (2) A process for the preparation of Zeolite A with Kimberlite tailing as a silica source and (3) A process for the utilization of silica-rich Kimberlite as a source of silica for the preparation of precipitated silica, have been filed. Discussions were initiated with Kanoria Chemicals Industries Limited (KCIL), New Delhi for possible commercialization of the process in view of the proximity of KCIL's factory to Panna mines which would enable cost-effective transportation of chemicals such as sodium hydroxide, sulphuric acid and hydrochloric acid required for processing Kimberlite. Presentation was made to KCIL's CMD on the feasibility of putting up an Integrated Kimberlite Complex at Renukoot and the suggestion was received positively; moreover, KCIL has agreed to put up a 1 TPD pilot plant for processing Kimberlite at their Renukoot site. A tripartite MOU is signed on Dec 12, 2005 between NMDC, KCIL and CSMCRI for up-scaling the process.

#### Recovery of $\text{TiO}_2$ from industrial waste

For the recovery of  $\text{TiO}_2$  from raw Kimberlite, having ~ 35%  $\text{SiO}_2$  and ~ 4 %  $\text{TiO}_2$  was treated with acid. The material was enriched with  $\text{SiO}_2$  (70-75%) and  $\text{TiO}_2$  (up to 9 %), respectively. After recovery of  $\text{SiO}_2$  as sodium silicate, the solid residue is rich in  $\text{TiO}_2$  content. The analysis of the solid residue shows that it contains about 70-75 %  $\text{TiO}_2$  and 20-22 %  $\text{SiO}_2$  as quartz. The solid residue was digested with concentrated sulfuric acid to dissolve  $\text{TiO}_2$ .

Another study had been initiated on recovery of  $\text{TiO}_2$  which is present to the extent of 18% in a paste-like waste material generated in the polypropylene plant of Reliance Industries Limited, Hazira. The objective is to develop pigment grade  $\text{TiO}_2$  and  $\text{TiO}_2$  suitable for use in polyester coating. Product having whiteness index of 95 with respect to standard MgO has been produced.

#### Process demonstration for the manufacturing of finely divided precipitated silica

The final technical detail report on the successfully completed project entitled, The Development of a Process for the Manufacturing of Finely Divided Precipitated Silica, sponsored by M/s Kadvani Chemicals Limited Jamnagar, Gujarat, was prepared comprising of complete process know-how, product specifications, methods of analysis and chemistry of precipitation. The report is submitted for the preparation of finely divided precipitated silica with specifications required by the party. A demonstration, for developing process for the preparation of precipitated silica with particle size < 10 (micron), at 400kg scale was performed successfully in the factory site of M/s Kadvani Chemicals, Jamnagar during 19-20 July 2004. The silica was evaluated for preparing transparent polypropylene film at Reliance Industries Ltd.

### Synthesis of zeolites from low grade bauxite from Kutch

M/S Cube Minerals, Baroda, approached the institute for carrying out exploratory studies to assess the feasibility of Zeolite-A manufacture using low grade Kutch bauxite accessible to them. It was observed that the properties of zeolite-A prepared from low grade Bauxite samples are matching closely with those of internationally available products.

Content	RS-I(Std) µm	RS-2(8)-1 µm	RS-2(8) µm	RS-2(7) –Na µm	RS-2(7) –Na µm
d(0.1)	0.091	5.565	1.611	0.575	0.421
d(0.5)	0.447	40.605	15.423	3.256	1.385
d(0.9)	1.190	155.029	43.404	30.997	37.421
d(0.99)	2.13	841.62	73.94	54.64	136.22
Particle Size	%	%	%	%	%
<1 µm	85.09	2.55	6.07	23.57	40.06
<5 µm	100	9.21	23.52	54.79	63.10
<10 µm	100	16.23	37.02	62.80	69.48
Whiteness	103	84	90	95	95
	Reference sample	Washed with water	Washed with water -300 mesh	Na <sub>2</sub> S treated & calcined -300 mesh	Na <sub>2</sub> S treated & calcined -300 mesh re-suspended in water and again dried

Comparison of specifications of Zeolite-A prepared from low grade bauxite with the internationally available products

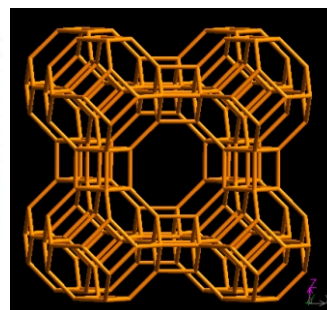
Characteristics	Degussa	SPIC Fine Chem.	BIRAC	PQ Corporation	Using Kutch Bauxite
Calcium binding capacity, mg CaCO <sub>3</sub> / g of absolute dry sample	320	308	300±10	280	>285
Loss on Ignition, % at 800°C, 1hr	21.5	21.5	20±1	20	20-22
pH 5% aqueous slurry	11.0	10.7	11.5	11.1-11.3	10.5-11.5
Bulk density gm / cc	0.56	0.62	0.50-0.55	0.30-0.40	0.45-0.55
Average particle size, D(0.50), µm	6.75	3.31	4.2	3-5	4-5
XRD crystallinity (compared to BDH 4A powder)	96	91	95 ± 5	Crystal Structure cubic	>97
Chemical composition					
SiO <sub>2</sub> %	31.7	32.2	42	-	32 -33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	29.7	29.7	35	-	27-28
Na <sub>2</sub> O %	16.2	15.9	23	-	15-17
			on dry basis		
Whiteness index	98.5	98.9	96±2	White	>98



Low grade Bauxite



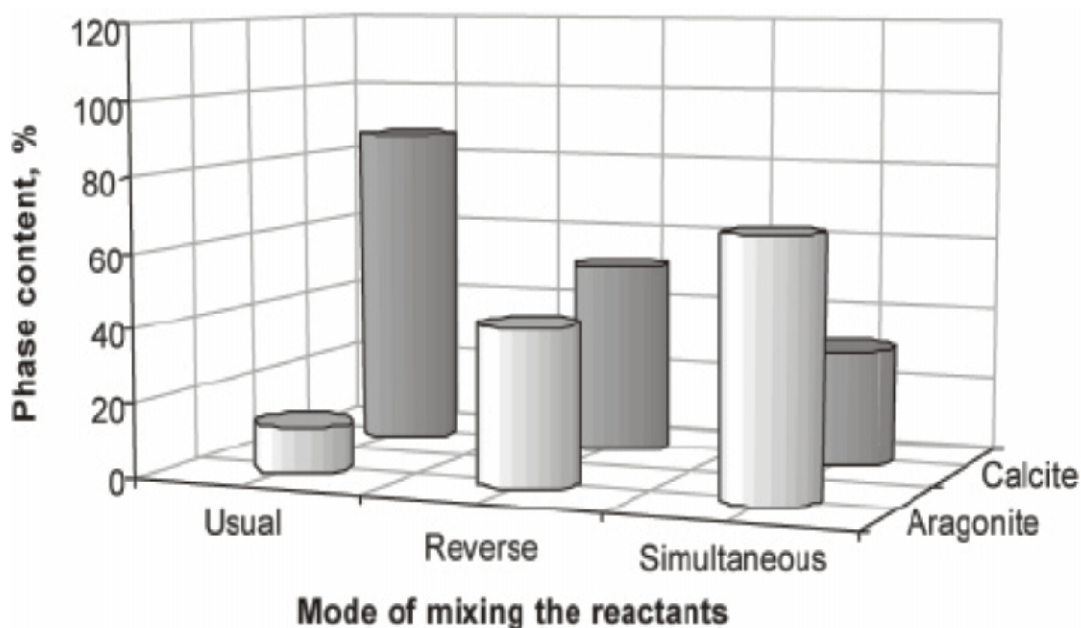
Zeolite A powder



## Nanomaterials

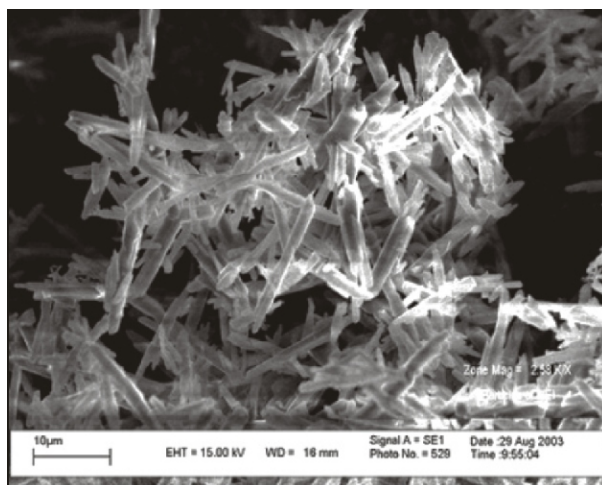
### Synthesis of ultrafine calcium carbonate using solid state reactions

Synthesis of submicron sized particles of calcium carbonate was studied using solid state reactions between calcium chloride and sodium carbonate with sodium chloride as a diluent. The reaction was carried out at 400°C after ball milling the sample for 4-12 h. Calcite phase was formed in all the cases and particle as small as 200 nm could be formed with employed conditions.

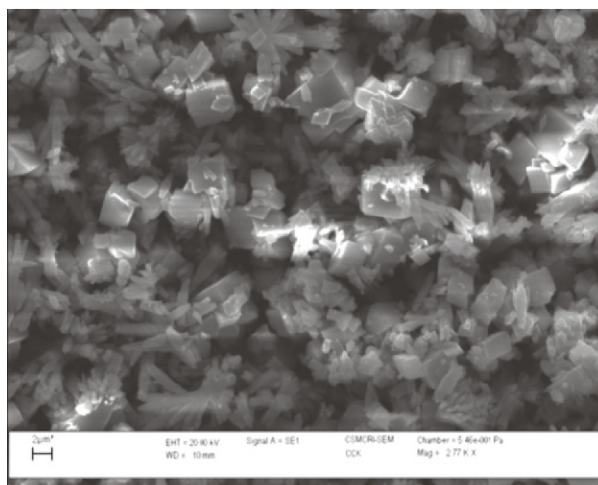


Effect of mode of mixing the reactants on the polymorphs of calcium carbonate: [**usual**= sodium carbonate solution added into Distiller waste containing  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{NaCl}$ ; **reverse**=Distiller waste added to sodium carbonate solution; **simultaneous**= both reactants added simultaneously into to 100 mL of water].





Aragonite

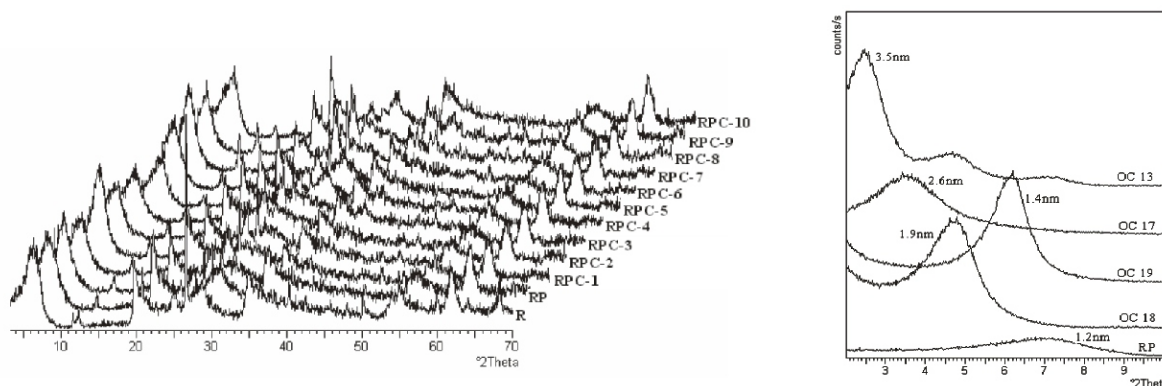


Calcite

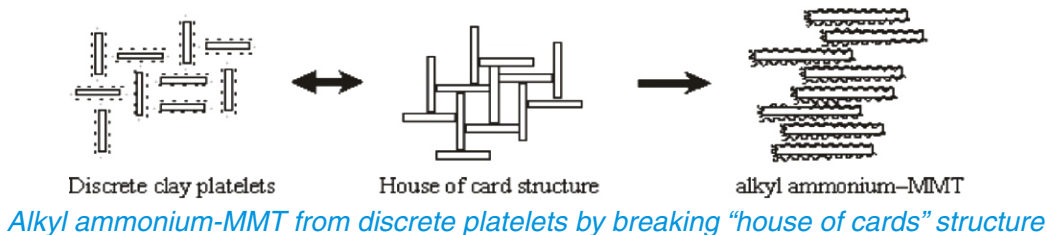
SEM images of aragonite and calcite type calcium carbonate obtained using solid state reactions

### Bentonite clay up-gradation and nanoclay synthesis

In order to optimize the clay upgradation process, the solutions of different clay percentages (0.5%, 1%, 2% and 3% and 4%) were prepared. The clay fraction of these samples was separated by sedimentation technique and  $< 2 \mu\text{m}$  particles were collected using Stokes equation. The upgraded clay samples were analyzed for their chemical composition and cation exchange capacity (CEC) using standard methods. A variety of treatment options ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ; CBD;  $\text{MgCl}_2$ + dithionite; TEOS; sodium stearate) were also investigated to improve the whiteness of organo-clay samples used in nano-composites.



X-ray diffraction of raw, purified and organically modified montmorillonite clay



1 kg of organoclay with the improved particle size distribution in the narrow range, where the upper limit of the 90% particles is less than 20 micron, was prepared and sent to NCL, Pune for evaluating the same for polymer compounding studies.

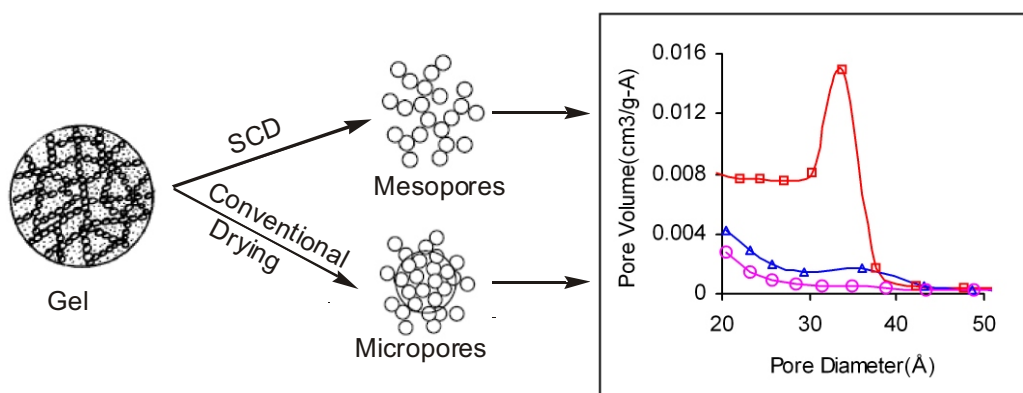
### Nanocrystalline zirconia

Surfactant assisted zirconia samples were synthesized using sol-gel technique. A series of non-ionic surfactants namely, Tween 20 to Tween 80, were used with increasing hydrocarbon chain length to study the effect of chain length on the textural properties of zirconia.

Sample Code	BET Surface area (m <sup>2</sup> /g)	BJH Ad. Pore vol (cm <sup>3</sup> /g)	Average Pore dia. (Å)	Crystallite size (nm)
ZT-20	91	0.16	40	8.4
ZT-40	71	0.11	32	9.6
ZT-60	110	0.16	59	6.6
ZT-80	89	0.16	54	9.1
RZ	151	0.24	44	10.3

ZT-20 to ZT-80 = Zirconia with Tween-20 to Tween-80 surfactant; RZ = Reference zirconia

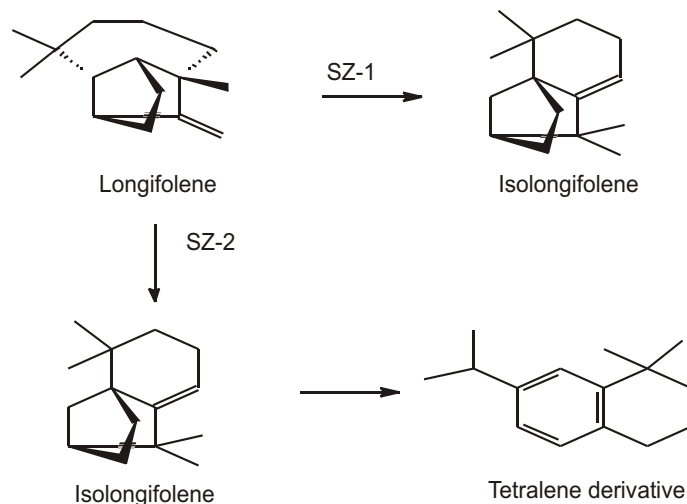
Nano-crystalline (4-6 nm) zirconia samples were prepared by sol-gel technique using supercritical drying of zirconia gel samples. Effect of synthetic parameters such as supercritical temperature, pH, nature and concentration of the precursor and calcination temperature on the crystallinity, crystallite size and the mesoporosity of zirconia were studied. For comparison zirconia samples were also prepared using thermal drying. Supercritical drying method results into the formation of nano-crystalline zirconia (4-6 nm) having high mesoporosity with narrower/ more uniform pore size distribution as compared to thermally dried zirconia samples that showed larger crystallite size (13-20 nm) with low/nil mesoporosity. Nano-crystalline (4-6 nm) zirconia samples were also prepared using supercritical drying method and effect of various synthetic parameters on crystallite size were studied.



Nanocrystalline mesoporous zirconia by sol-gel followed by supercritical drying

### Catalytic isomerization of longifolene using sulfated zirconia

The isomerization of longifolene to iso-longifolene using sulfated zirconia solid acid catalyst has been studied. Effect of temperature and substrate:catalyst ratio at different time intervals have been studied. 90% conversion with 100% selectivity of desired product was obtained. A tetralene derivative was obtained by further rearrangement of the isomerized product, iso-longifolene by changing the substrate to catalyst ratio and the acidity of the catalyst (*Catalysis Communication, 7, 52, 2006*).



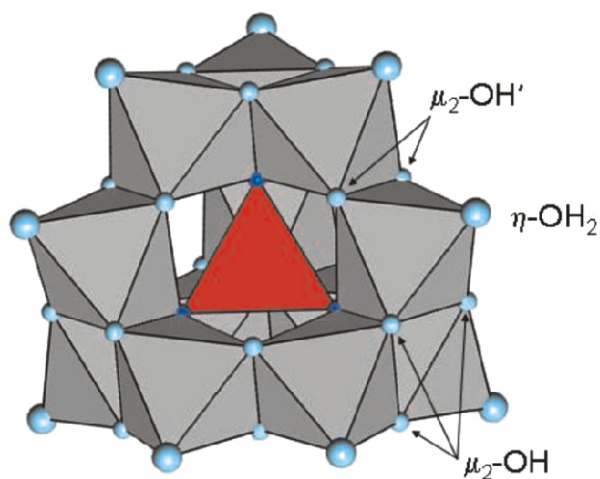
### Nanocrystalline titania

Nanocrystalline  $\text{TiO}_2$  prepared by sol-gel method was calcined at different temperatures in the range of 550-1050 K under airflow. The crystalline structure, bandgap, and morphology of the  $\text{TiO}_2$  have been characterized by X-ray diffraction (XRD), Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS), Scanning Electron Microscopy (SEM), and surface area (BET technique). The surface areas of the  $\text{TiO}_2$  calcined at 393K and 1023 K were  $259 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  and  $2 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ . The band gap of this nanocrystalline product was reduced with increase in temperature. The photocatalytic activities of these catalysts were determined by conducting experiments under UV light irradiation (1-8 hrs), by degradation of 50 ppm nitrobenzene. The initial rates of degradation of nitrobenzene were determined for all the catalysts and it was found that the catalyst calcined at 753K showed highest initial rate of degradation of nitrobenzene.

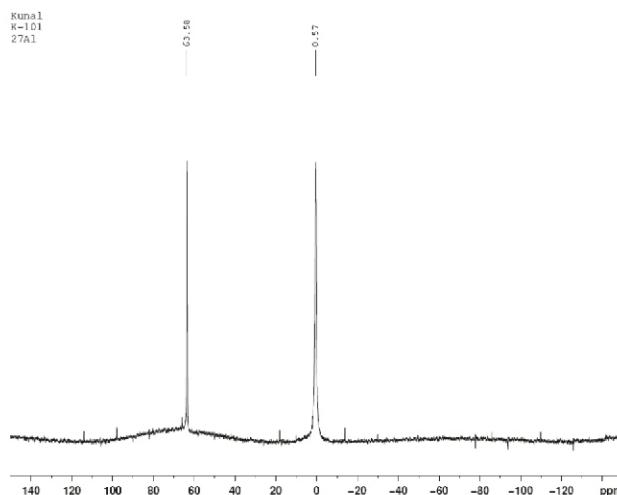
Synthesis and characterization, of nanocrystalline mesoporous  $\text{TiO}_2$  prepared by sol-gel method and impregnation with transition metals, namely silver, copper, cobalt, iron, nickel, palladium, magnesium, and strontium, having varied work functions were done. Impregnation of metal was confirmed by DRS technique and the highest red shift of 11 nm and lowest of 1.5 nm were obtained for Ni and Fe impregnated catalysts, respectively. The mesoporous  $\text{TiO}_2$  was found to have surface area of  $38 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  and pore diameter of 11 nm whereas the surface area dropped to  $7\text{-}13 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  upon impregnation of the metal catalysts (*Industrial Engineering Chemistry Research, 45, 5231, 2006*).

### Poly-aluminium chloride as a coagulant

The evaluation of poly-aluminium chloride (KANPAC-10) for the efficacy of its use as a coagulant/flocculant for the treatment of raw water and removal of heavy metals in the treated water was carried out as part of a project sponsored by M/s Kanoria Chemicals & Industries Limited, New Delhi (KCIL).



Poly-aluminium chloride Keggin Ion

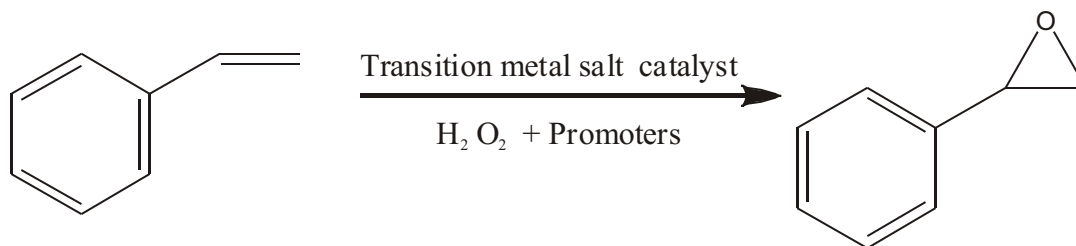


<sup>27</sup>Al NMR spectrum of PAC

## Technology transfer/commercialization

### Technology transfer for catalytic process for styrene to styrene oxide

An agreement was signed with M/s Eco-Organics, Rampur, in Dec 2005 for transfer of process know-how for epoxidation of styrene to styrene oxide at 1 Kg scale using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as oxidant. The process which employs a novel transition metal as catalyst and gives 98% styrene conversion with 98% epoxide selectivity was successfully demonstrated during 6-8 December 2005. The process for the production of styrene epoxide from styrene has been transferred to M/s Eco-organics, UP who are putting up 2TPD plant based on CSMCRI know-how. Since then an international patent (US Patent No : 7,235,676) has also been granted for the invention.



### Agreement to put up a pilot plant for processing 1 TPD Kimberlite at Renukoot

A tripartite agreement was signed between the Institute, NMDC and Kanoria Chemicals for up-scaling the Kimberlite value addition process to 1 TPD scale at Renukoot.

### Memorandum of Understanding with National Thermal Power Corporation

CSMCRI Bhavnagar signed a Memorandum of Understanding with National Thermal Power Corporation Ltd. (NTPC) on 24th Sept. 2005. NTPC, through this MoU, intends to conduct research towards "Development of selective adsorbent for CO<sub>2</sub> recovery from flue gases".





1

# अकार्बनिक रसायन

## नमक एवं समुद्री रसायन

**साधारण नमक की स्फटिक आकारिकी में परिवर्तन पर अध्ययन :** नमक के स्फटिकीकरण में विशेष संरचना तथा आकारिकी में परिवर्तन करने के लिये विविध मार्गों का एक लम्बा इतिहास है क्योंकि इस स्फटिकीय ठोस सामग्री की रासायनिक एवं भौतिक गुणधर्म की श्रेणी अद्वितीय है जो उनकी स्फटिक संरचना एवं कद निर्धारित करती है। साधारण नमक की प्रवाह क्षमता तथा अन्य सुरुचिपूर्ण पहलुओं को बढ़ाने के हमारे प्रयास के भागरूप, यह देखा गया कि नमक स्फटिकों के घन आकारिकी को अनुकूल परिस्थितियों में अर्थात् सौर बाष्पन प्रक्रिया द्वारा कुदरती ब्राइन से स्फटिकीकरण प्रक्रिया के दौरान ग्लायसीन का योजक के रूप में उपयोग द्वारा समचर्तुभुज द्वादशफलकीय आकार में परिवर्तित किया जा सकता है। यह सफलता और ग्लायसीन को पुनःचक्रित करने की व्यवहार प्रक्रिया ने विश्व को आकर्षित किया है और संस्थान के प्रायोगिक फार्म में बड़ी मात्रा में इस नमक का उत्पादन करने के प्रयास जारी है।

पिछले द्विवार्षिक प्रतिवेदन में दर्शाये गये अनुसार, हमने किसी भी प्रकार के योजक का उपयोग किये बगैर गोलाकार नमक बनाने की तकनीक भी विकसित की है। यह प्रक्रिया निर्यात बाष्पन नमक बनाने में विशेष उपयुक्त होगी। इस के बारे में पहले किये गये कार्य में अब सुधार किया गया है। नोबेल सीड प्रोटोकॉल द्वारा स्फटिक का कद 300 माइक्रोन तक घटाकर गोलाकार बढ़ाया जा सका। इससे यह सिद्ध हुआ कि नमक अवियोज्य स्फटिककाणु वहाँ रहते हैं। संकुलन के प्रकार से घनाकार तथा गोलाकार पैदा होते हैं। उक्त नमक में पावडर एक्सआइडी पेटर्न के समान साधारण घनाकार है।

उपयोगिता बढ़ाने के लिये, इससे भी छोटे कदवाले, गोलाकार नमक बनाने के लिये प्रक्रिया में परिवर्तन किया गया था। नये अभिगम में, पात्र में स्फटिकीकरण के दौरान सीड क्रीस्टल योग द्वारा स्फटिकाणु का कद नियंत्रित किया गया। फिर भी न्यूनतम स्फटिकाणु कद 300-400 माइक्रोन गोलाकार तक रखा गया और यह सिद्ध हुआ कि हाल में बाजार में उपलब्ध निर्वात बाष्पित खाद्य नमक की तुलना में इस तरह से उत्पादित गोलाकार नमक का मुक्तस्त्रावी लाक्षणिकता विशेष रूप से अच्छी है। गोलाकार नमक की मुक्तस्त्राव लाक्षणिकता को बनाये रखने के लिये अध्ययन जारी है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 1 देखिए।)

**घनत्व क्रियाशील सिद्धान्त (डीएफटी) द्वारा नाइट्रीलोड्राइसेमाइड के एन्टीकेकींग आचरण का अध्ययन :** यह सर्वविदित है कि नाइट्रीलोड्राइसेमाइड सोडीयम क्लोराइड के लिये एन्टीकेकींग का कार्य कर सकता है। यह रसप्रद है कि संबंधित संयोजनों के साथ नाइट्रीलोड्राइसेमाइड इसके समान असर नहीं करता। जैसा कि पहले देखा गया, क्रियाशील तीन एमाइड के समूह का संचित सीधा प्रभाव सोडीयम क्लोराइड की सतह पर पडने से मोनोएसेटेमाइड पर ट्राइएसेटेमाइड का अधिशोषण सरल बनाता है। हमारे घनत्व क्रियाशील सिद्धान्त से स्पष्ट हुआ कि नाइट्रीलोड्राइसेमाइड की जलीय अवस्था में न्यूनतम ऊर्जा रचना अथवा अनुकूलन होता है जो स्फटिक संरचना के लिये दर्शायी गई रचना अथवा अनुकूलन के समान है। ये परिणाम पहले रिपोर्ट की गई अनुमानित ज्यामिति से विपरित हैं।

ट्राइएसेटेमाइड की न्यूनतम स्थिर विद्युत ऊर्जा की गणना की गई और इससे सूचित हुआ कि नाइट्रीलोमोनो एसेटेमाइड से इसका परस्पर क्रिया स्थल विस्तृत होने से NaCl सतह पर NTAA सुदृढ़ता से बंधता है जो इसे केक बनने से रोकती है।

**ब्राईन सिस्टम का अल्ट्रासोनिक मापन :** समुद्रीजल रसायनों का भंडार माना गया है जिसमें 73 तत्व घुले हुए हैं। इसमें से 99% Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> संघटित हैं और इनका समांग पद्धति में अध्ययन महत्वपूर्ण माना जाता है। इलेक्ट्रोलाइट घोल के तापमान तथा संयोजन की क्रिया के रूप में भौतिक गुणधर्मों का व्युत्पन्न प्राचलों के सही निर्धारण ने आयन-आयन तथा आयन-घोल परस्पर क्रिया के बारे में जानकारी दी है। इस ओर हमने अनुकूल परिस्थितियों में, जलीय NaCl तथा CaCl<sub>2</sub> घोल का, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O के साथ अल्ट्रासोनिक,

विस्कोमेट्रीक तथा डेन्सिटीमेट्रीक मापनकार्य क्रिया। शीयर रिलेक्सेसन समय गतिप्रक्रिया को प्रभावित करता है और यह अणु के संवेग तथा अंतः अणु पारस्परिक क्रिया पर आधारित होता है। प्रायोगिक विवरण पर से आयोनिक स्पीसीज़ के शीयर रिलेक्सेसन समय का अनुमान किया गया। विभिन्न ब्राइन संयोजनों में जिप्सम की विलेयकता के निरीक्षण के साथ संगत परिणामों को, विभिन्न हाइड्रेटेड आयन्स, अलगीकृत विलेयक, विलेयक तथा संपर्क में आनेवाले आयन युग्म जैसे आयोनिक स्पीसीज़ के अस्तित्व के संदर्भ में देखा गया। यह भी देखा गया कि जब ब्राइन जिप्सम के साथ संतृप्त होता है तब घनायन का जलयोजन खोल बढ़ता है। हमने नमक के स्फटिकीकरण आचरण में इस अध्ययन का अमल करने की योजना बनाई है।

**ब्राइन में जिप्सम विलेयकता के व्यवहार पर कैल्शियम क्लोराइड का प्रभाव :** सोडा एश इन्डस्ट्री, जो कैल्शियम क्लोराइड का स्रोत है, उसके आसवन उच्छिष्ट के साथ ब्राइन को सल्फेटरहित करके अतिशुद्ध नमक तथा KCl के सहउत्पादन की नवीन पेटेंट की हुई प्रक्रिया का हमने पहले उल्लेख किया है। प्रभावी सल्फेटविहीनीकरण के लिये ब्राइन में कैल्शियम क्लोराइड की अनुकूल मिलावट के लिये हमने  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  के विलेयक आचरण निर्धारित किये। जलीय NaCl घोल का लगभग 25% तक सांद्रण तथा  $\text{CaCl}_2$  का सतत  $35^\circ\text{C}$  पर सांद्रण किया गया।  $\text{CaCl}_2$  को मिलाने से  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  की विलेयता कम होती है और उसकी मूल विलेयकता वक्ररेखा बनी रहती हैं।

डेबेय हक्कल सिद्धान्त— 'आयोनिक क्रियाशीलता घटाने से आयोनिक बल बढ़ता है' — के आधार पर  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  के आयोनिक क्रियाशीलता गुणांक का अनुमान किया गया।  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  की उष्मागति की विलेयता उत्पाद  $K_{sp(+4)}$  की तुलना  $K_{sp}$  की विलेयता उत्पाद विवरण के साथ करने पर काफी अंतर दर्शाया और यह डेबेय हक्कल सिद्धान्त तथा आयन सहयोगी सिद्धान्त के द्वारा समझा गया। हमने  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  का  $35^\circ\text{C}$  पर चतुर्थक पद्धति के लिये सही घनता का मापन किया। घोल की सांद्रता बढ़ाने से उसकी घनता में वृद्धि होती है। आयोनिक बल से तुलना करने पर  $\text{CaCl}_2$  की उच्च मात्रावाले घोल की घनता कम पाई गई। सांद्रण की क्रिया के रूप में विलेयता तथा घनता विवरण को पोलीनोमीपल तथा लाइनर का उपयोग करके न्यूनतम वर्ग पद्धति द्वारा सहसंबंधित किया गया। उपर्युक्त अभ्यासों से निष्कर्ष निकला कि घोल में आयनस या तो मुक्त स्वरूप में रहते हैं अथवा आयन युग्म के रूप में रहते हैं और उनके गुण क्रमशः 69% तथा 31% पाये जाते हैं। यहाँ यह दर्शाना उचित होगा कि घोल में जितनी उच्च मात्रा में आयन युग्म होंगे उतनी उच्च विलेयता उत्पाद होगी।

**भूमिगत/समुद्री ब्राइन से उत्कृष्ट सफेदी एवं शुद्धतावाला नमक :** उत्कृष्ट शुद्धता तथा सफेदीयुक्त और नमक की प्राप्ति के लिये नमक के क्षेत्र में एक नवीनतम प्रक्रिया विकसित की गई। यह प्रक्रिया नमक स्फटिक की आकारिकी में परिवर्तन पर आधारित है जिसमें ब्राइन की अशुद्धियाँ नमक स्फटिकीकरण प्रक्रिया के दौरान केन्द्र के रूप में कार्य नहीं करती। जिप्सम की अशुद्धियाँ जो सामान्यतः नमक में अंतःस्थापित होती है उसे सरलता से धोकर निकाला जा सकता है। घुले हुए नमक के ढेर का विश्लेषण किया गया और NaCl >99.5% शुद्धता के साथ  $\text{Ca} < 0.08\%$ ,  $\text{Mg} < 0.05\%$  तथा  $\text{SO}_4 < 0.2\%$  पाया गया। बारिश के कारण घुले हुए नमक के ढेर में कैल्शियम और सल्फेट की अशुद्धियाँ बहुत ही कम पाई गई जो सौर नमक उत्पादन में अब तक नहीं पाई गई। उक्त नमक सेम्पल का उद्योगों में विविध उपयोगों के बारे में परीक्षण किया गया तथा अन्य किसी सौर नमक से बेहतर पाया गया। अनुप्रवाही बिटर्न आधारित उत्पाद भी अच्छी गुणवत्ता तथा सफेदीयुक्त पाये गये। यह प्रक्रिया किफायती है तथा किसी भी सौर सोल्ट वर्क्स में लागू की जा सकती है।

**राजस्थान के भूमिगत ब्राइन में से औद्योगिक स्तर का, अच्छी गुणवत्तायुक्त नमक का उत्पादन :** सांभार सरोवर एवं आसपास के क्षेत्र के भूमिगत ब्राइन में से अच्छी गुणवत्तायुक्त नमक के उत्पादन के निर्देशन के लिये राजस्थान राज्य के नावा शहर में 10 एकड़ के क्षेत्र में एक

माडल साल्ट फार्म विकसित किया गया। यहाँ के नमक में सल्फेट के उच्च स्तर के उपरांत शैवाल तथा भारी धातु की अशुद्धियों की मुख्य समस्याएं थी। शैवाल आच्छादन की संभावनाओं दूर करना तथा ब्राइन के निर्मलीकरण के नवीनतम अभिगम द्वारा इन समस्याओं के निराकरण पर ध्यान दिया गया। जिससे नमक में से भारी धातु की अशुद्धियाँ एवम् सल्फेट का स्तर कम करने में सहायता मिली। ब्राइन रिसाव नियंत्रण द्वारा, नमक गुणवत्ता में सुधार के उपरांत नमक की उपज में भी अनुमानित वृद्धि हुई। ये परिणाम राजस्थान में नमक उत्पादन की गुणवत्ता बढ़ाने में सहायक होंगे और इस सफलता से प्रेरित होकर साल्ट डिपार्टमेंट ने अन्य राज्यों को भी माडल साल्ट वर्क्स स्थापित करने की सलाह दी। राजस्थान के नमक उत्पादनकर्ताओं के लिये भूमिगत ब्राइन में से अच्छी गुणवत्तायुक्त नमक उत्पादन के लिये जानकारी देने हेतु एक दिवसीय प्रशिक्षण कार्यक्रम संपन्न किया गया। यह कार्यक्रम सीएसएमसीआरआई तथा नमक विभाग द्वारा संयुक्त रूप से आयोजित किया गया था। उत्पादनकर्ताओं के लिये राजस्थान में एक माडल साल्ट फार्म स्थापित किया गया है।

**गुजरात के मालिया गाँव में अगरियाओं द्वारा उन्नत गुणवत्तायुक्त नमक की विशेष उपज :** जैसा संस्थान के 2002-04 के द्विवार्षिक प्रतिवेदन में बताया गया है, कच्छ के छोटे रन में सीएसएमसीआरआई ने सेवा के साथ 109 साल्ट वर्क्स को अगरियाओं द्वारा उत्पादित नमक की गुणवत्ता सुधारने के लिये अपनाया और सीएसएमसीआरआई के वैज्ञानिकों के निरीक्षण में, अगरियाओं द्वारा कच्छ के छोटे रन के भूमिगत ब्राइन में से उच्च गुणवत्तावाला नमक का उत्पादन किया जा सका। इस तरह से उत्पादित नमक सीधे ही उपयोगकर्ता उद्यमीओं को अधिमूल्य पर बेचा गया। इस योजना की सफलता को देखकर सीएसएमसीआरआई को योजना के कार्यान्वयन के लिये संगम संस्था तथा आनंदी को प्रतिभागिता NGO का स्थान देते हुए गुजरात सरकार के इन्डस्ट्री कमीशनरेंट ने गुजरात के मालिया प्रांत में एक अन्य योजना की स्वीकृति प्रदान की है। सीएसएमसीआरआई ने आनंदी संस्था के साथ उन्नत गुणवत्तायुक्त नमक उत्पादन के लिये पहले प्रयास में 23 अगरियाओं को अपनाया है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 6 देखिए।) शुद्ध नमक उत्पादन के लिये नियंत्रित नमक स्फटिक आकारिकी की नवीनतम प्रक्रिया अपनायी गई और ये साल्ट वर्क्स भूमिगत तथा समुद्री ब्राइन दोनों पर कार्य करते हैं। नमक तथा ब्राइन के विश्लेषण के लिये मालिया में एक गुणवत्ता नियंत्रण प्रयोगशाला भी स्थापित की गई है जो हाल में कार्यरत है। सिर्फ धुलाई द्वारा शुद्ध किये हुए नमक में कैल्शियम तथा सल्फेट की मात्रा बहुत ही कम है और इसे नमक अग्रणी सोडा एश उद्योगों तथा क्लोर आल्कली उद्योगों को बेचा जायेगा।

**उड़ीसा में माडल साल्ट वर्क्स की स्थापना :** कुछ सालों से उड़ीसा में नमक का उत्पादन कम होता जा रहा है और यह रुख बदलने की आवश्यकता है। उड़ीसा में जलवायु संबंधी पहलू जो उत्पादकता में अवरोधक है, तदुपरांत उड़ीसा में उत्पादित नमक निम्न गुणवत्तावाला है और इनमें से कुछ उत्पादकों द्वारा उत्पादित नमक खाने योग्य नमक के लिये निर्धारित मानको के अनुसार भी नहीं है। फलस्वरूप गुजरात जैसे दूरस्थ राज्यों से नमक प्राप्त किया जाता है। राजस्थान माडल साल्ट वर्क्स की सफलता से प्रभावित होते हुए उड़ीसा राज्य सरकार तथा साल्ट विभाग ने सीएसएमसीआरआई द्वारा उड़ीसा में चयनित स्थल पर माडल साल्ट फार्म स्थापित करने की इच्छा व्यक्त की। सीएसएमसीआरआई के वैज्ञानिकों ने उड़ीसा राज्य के अधिकारियों ने उड़ीसा के गंजम जिल्ले के हुमा प्रांत में माडल साल्ट फार्म पर आगामी नमक उत्पादन ऋतु के दौरान योजना के अमलीकरण हेतु करार किये हैं।

**नमक के लिये कैल्शियम/मैग्नेशियम अनुपात में व्यतिक्रम के साथ ब्राइन शुद्धिकरण क्रिया :** क्लोर आल्कली उत्पादन के लिये अतिशुद्ध ब्राइन की आवश्यकता होती है। सौर नमक में निहित Ca, Mg और SO<sub>4</sub> की अशुद्धियों से नमक से बनाये गये ब्राइन में नहीं होनी चाहिए। सांद्रित ब्राइन से इन अशुद्धियों को लाइम सोडा शोधन द्वारा दूर किया जाता है और यह देखा गया कि इस प्रक्रिया को सरल बनाने के लिये Ca और Mg का अनुपात 2.1 का होना चाहिए। अनुपात घटाने की क्रिया सामान्यतः बटर फोरमेशन के रूप में जानी जाती है। दूसरी ओर

सीएसएमसीआरआई द्वारा शुद्ध नमक उत्पादन के लिये विकसित नवीनतम प्रक्रिया जिसके द्वारा उत्पादित नमक में Ca का स्तर बिलकुल कम होता है जो अनुपात व्यतिक्रम को बढ़ाता है उदाहरण Ca से Mg <1.1 तदनुसार Ca, Mg का अनुपात निर्धारित करने तथा समस्याओं के निराकरण करने के उपायों का आयोजन करने के लिये अध्ययन शुरू किये गये, जिससे नवीनतम प्रक्रिया का महत्तम लाभ प्राप्त किया जा सके। यह देखा गया कि इस प्रक्रिया में दो घण्टे में Ca तथा Mg दूर करने की महत्तम क्षमता है तथा लम्बे समय दौरान पूर्ण रूप से हटाने की क्षमता पाई गई।

**बिटर्न में से कम सोडियमवाला नमक (प्रक्रिया निदर्शन) :** नमक उत्पादन के दौरान बिटर्न में से सीधे ही कम सोडियमवाले नमक की प्राप्ति के लिये किफायती प्रक्रिया विकसित की गई है जिसके बारे में संस्थान के 2002-04 के द्विवार्षिक प्रतिवेदन में हमने उल्लेख किया था। (यु एस पेटन्ट नं 6, 890, 509 दिनांक 10 मई 2005) इस प्रौद्योगिकी का मेसर्स हिन्दुस्तान लीवर लिमिटेड, मुंबई में सफलतापूर्वक निदर्शन किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 8 देखिए।)

**नवीन सॉप बनाने की प्रक्रिया में सुधार :**

**i) श्योनाइट तल घोल से सीधे साल्वीनाइट का उत्पादन**

यद्यपि मूल समुद्री बिटर्न में से काइनाइट द्वारा  $K_2SO_4$  का और श्योनाइट का उत्पादन किया जा सकता है। लेकिन व्यावहारिक रूप में इसकी कुछ मर्यादाएं हैं। इनमें समाविष्ट हैं (i) अशुद्ध काइनाइट में से शुद्ध श्योनाइट प्राप्त करने में कठिनाइयाँ (ii)  $K_2SO_4$  बनाने में KCl की आवश्यकता। हमने पहले बताया है कि सरल प्रतिक्रिया कम निक्षालन प्रक्रिया द्वारा काइनाइट से श्योनाइट बनाया गया। तब सल्फेटविहीनीकरण के बाद उपलब्ध प्रवाही KCl का उत्कृष्ट स्रोत है। संशोधन के इसी परिणाम ने SOP बनाने की स्वावलंबी प्रक्रिया विकसित करने के लिये हमें प्रेरित किया। (यु एस पेटन्ट नं 7, 041, 268 B<sub>2</sub> दिनांक 9 मई 2006) अब यह देखा गया कि सल्फेटविहीन बहिःस्त्राव, साल्वीनाइट के रूप में KCl की 70-80 प्रतिशत प्राप्ति के लिये सर्वथा उपयुक्त है। मृत समुद्री ब्राइन तथा सल्फेटविहीन समुद्री बिटर्न से साल्वीनाइट बनाने के दौरान कारनेलाइट स्फटिकीकरण तथा विघटन के मध्यस्थी चरणों में समस्या देखते हुए इन दोनों का उपयोग टाला गया।

**ii) डाईपीक्रिलेमाइन लिजेन्ड के उपयोग द्वारा श्योनाइट के तल घोल KCl का चयनित निष्कर्षण**

इस अभिगम में KCl और SEL का उत्पादन डाईपीक्रिलेमाइन की मदद से किया जाता है। उच्च विलेयतायुक्त कैल्शियम डाईपीक्रिलेमाइन  $Ca(DPA)_2$  का उत्पादन करने के लिये चूने को डीपीए के साथ पानी में उपचरित किया जाता है जो SEL के साथ उपचरित करने से बाद में अविलेयक पोटाशियम डाईपीक्रिलेमाइन के 95% से भी ज्यादा उत्पादन के साथ मिलता है। KCl घोल जो अविलेयक डीपीए तथा अवक्षेपित जिप्सम से अलग किया है, उसके उत्पादन के लिये अलग किये गये  $K(DPA)$  को 1:1 HCL के साथ उपचरित किया गया। उक्त जिप्सम को फिर से एकबार लाइम के साथ उपचरित किया जा सकता है। SOP बनाने के लिये इस तरह से उपलब्ध जलीय KCl को श्योनाइट के साथ उपचरित किया जाता है।

**सांभार बिटर्न से ग्लेसराइट द्वारा SOP की प्राप्ति :** सांभार सरोवर क्षेत्र से उपलब्ध ठोस बिटर्न में सोडियम सल्फेट तथा सोडियम क्लोराइड सम्मिलित होता है। हमने सल्फर का पौधे पोषक के रूप में महत्व समझते हुए KCl मिलाकर इस बिटर्न से ग्लेसराइट प्राप्त करने की संभावना पर संशोधन किया है। सांभार सरोवर के ठोस बिटर्न से SOP की प्राप्ति के लिये एक योजना बनाई गई है। इस बिटर्न को KCl की तत्वयोगमिति अनुसार मात्रा के साथ उपचरित किया गया और घोल को अनुकूल परिस्थिति में बाष्पित किया गया। ग्लेसराइटयुक्त (61% उपज w.t. KCl मिलाया गया) ठोस पदार्थ अलग किया गया और बाद में पोटाशियमयुक्त अन्य उत्पादनों को प्राप्त करने के लिये घोल को बाष्पित किया गया।



**बिटर्न से अतिशुद्ध मैग्नेशिया :** MgO बनाने में मुख्य दो समस्याएं पाई जाती हैं। i) पूर्ववर्ती Mg(OH)<sub>2</sub> की कम निस्स्यंदनशीलता ii) MgCl<sub>2</sub> से Mg(OH)<sub>2</sub> बनाने में उपयोगी चूने में स्थित अवशिष्ट अशुद्धियाँ – जो उत्पादन में भी देखने को मिलती है। कम निस्स्यंदनशीलता की समस्या के लिये एक उपाय प्राप्त किया गया है और जिसमें लोड जैसी सामग्री पर भी प्रक्रिया की जाती है। दूसरे उपाय जिसमें उक्त दोनों समस्याओं का समाधान किया गया है और 99% से अधिक शुद्धतावाले MgO की उपज की जाती है। इसे बड़े पैमाने पर कार्यान्वित करने की संभावनाओं का मूल्यांकन किया जा रहा है।

**बिटर्न से अतिसूक्ष्म संरचनावाले MgO का संश्लेषण :** हम कुदरती बिटर्न से अतिसूक्ष्म संरचनावाले MgO के संश्लेषण पर सक्रिय रूप से कार्यरत हैं। इसके लिये तीन विभिन्न अभिगम अपनाये गये। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 10 देखिए।)

- (i) जलीय MgCl<sub>2</sub> घोल से MgO का बहुमात्रा में संश्लेषण
- (ii) उचित साँचे (टेम्पलेट) का उपयोग करके पूर्ववर्ती Mg का हाइड्रोक्सीलेशन
- (iii) निर्धारित सामग्री प्राप्त करने के लिये, क्रमावस्था परिवर्तन द्वारा पूर्ववर्ती Mg का हाइड्रोक्सीलेशन

**हरा ब्रोमीन – पर्यावरण अनुकूल ब्रोमीनेशन का नवीनतम अभिगम :** परंपरागत ब्रोमीन प्राप्ति प्रक्रिया के मध्यस्थ आल्कलीन से 2:1 ब्रोमाइड : ब्रोमेट रीएजन्ट बनाने की किफायती प्रक्रिया के बारे में हमने जानकारी दी थी। (यु एस पेटन्ट नं 6, 746, 253 दिनांक 25 मई 2004) इसी रीएजन्ट को अम्लीय करने से प्रतिक्रियक माध्यम में ही हाइपोब्रोमस (HOB<sub>2</sub>) का उत्पादन होता है जो ब्रोमीनेशन प्रक्रिया को प्रभावित करता है। इस प्रक्रिया से अब अनेकविध कार्बनिक संयोजनों के सरल ब्रोमीनेशन के लिये निदर्शन दिया गया है। सुगंधी कार्बनिक संयोजनों जैसे फिनोल्स, एनीलिन्स, एरोमेटिक इथर, बेन्जीन आदि का अनुकूल परिस्थितियों में, किसी भी प्रकार के उत्प्रेरक का उपयोग किये बगैर सफल ब्रोमीनेशन किया गया है। नोन एरोमेटिक संयोजन में सक्रिय मिथेलीन समूह होता है जिसने उक्त प्रतिक्रियक के साथ चयनशील एकलब्रोमीनेशन क्रिया और ओल्फिनीक संयोजन को अनुरूप ब्रोमोहाइड्रीन्स में परिवर्तित किया। पूर्ववर्ती प्रवाही ब्रोमीन से किफायती रीएजन्ट प्राप्त करके फायदा उठाया गया। तदुपरांत उच्च ब्रोमीन परमाणु दक्षता के अतिरिक्त फायदे ने, शुरु से अंत तक ब्रोमीन के उपयोगवाली इस प्रक्रिया को आकर्षक बनाया है। इस रीएजन्ट के उपयोग द्वारा पी नाइट्रोबेन्जाइल ब्रोमाइड के उत्पादन के लिये इस प्रौद्योगिकी को लायसन्स दिया गया है। इस प्रौद्योगिकी को उक्त रीएजन्ट बनाने के लिये अलग से लायसन्स दिया गया है।

**आयोडीन परिमापन कीट :** 2001-02 वर्ष के दौरान हमने युनिसेफ को 200 आयोडीन कीट प्रदान की। आयोडीन का परिमापन उन्नत कार्यप्रणाली द्वारा किया जाता है। जो आयोडीकृत नमक में संभवित मिलावट का पता लगा सकती है। उपयोगकर्ता के उत्साहवर्धक परिणामों के आधार पर युनिसेफ ने भारत के अनेक प्रांतों में बांटने के लिये ऐसी 117 कीट उपलब्ध कराने की मदद मांगी और संस्थान ने इसकी पूर्ति की है।

**विक्रम साराभाई एवोर्ड : (2005-06)** नमक एवं समुद्री रसायन के क्षेत्र में संस्थान के अद्वितीय योगदान को गुजरात काउन्सील ओन सायन्स एन्ड टेक्नोलोजी (गुजकोस्ट) ने सम्मानित किया है और संस्थान की योजना “नमक के क्षेत्र में नये उत्पादन एवं प्रक्रियाएं: अभिकल्पना से व्यापारीकरण तक” को उद्योग के क्षेत्र में वर्ष 2005-06 का डॉ विक्रम साराभाई एवोर्ड प्राप्त किया गया है।

### विश्लेषणात्मक विज्ञान

#### विकसित विश्लेषणात्मक पद्धतियाँ

**प्रवाही ब्रोमीन में आर्द्रता का अनुमान :** FT-IR का उपयोग करके प्रवाही ब्रोमीन में आर्द्रता का अनुमान करने के लिये एक पद्धति विकसित की गई है। IR क्षेत्र के 4000-3000  $\text{सेमी}^{-1}$  तक ब्रोमीन पर कुछ प्रभाव नहीं पडा लेकिन पानी का अधिशोषण हुआ। अतः IR द्वारा सेम्पल के अधिशोषण के रिकार्ड द्वारा प्रवाही ब्रोमीन की आर्द्रता का अनुमान किया जा सकता है। प्रवाही ब्रोमीन में निर्धारित मात्रा में पानी डालकर मानक सेम्पल बनाये गये। इन सेम्पलों का IR अधिशोषण निर्धारित करके अंशाकन मापन रेखा तैयार की गई। इसके द्वारा ब्रोमीन सेम्पल का अधिशोषण नापा गया तथा अंशाकन मापन का उपयोग करके आर्द्रता का अनुमान किया गया। इस पद्धति द्वारा 5 पीपीएम तक की निम्न आर्द्रता का अनुमान किया जा सकता है।

**SEM पद्धति द्वारा अभ्रक कण का 3-D त्रिआयामी (त्रिपाश्व) प्रतिबिंब :** विशिष्ट अध्ययन के उद्देश्य से अभ्रक कण का त्रिपाश्व प्रतिबिंब उत्पन्न किया गया। सेम्पल को उचित कार्बनिक विलेयक के साथ मिलाया गया और ध्वनिकरण द्वारा फैलाया गया। सेम्पल में फैलाव से निर्वात, रजकण रहित परिस्थिति में विलेयक का बाष्पीभवन हुआ बाद में एकल अभ्रक कण के प्रतिबिंब के लिये उसे स्केन किया गया। सेम ग्राफिक इन्टरफेस सॉफ्टवेयर—जो द्विआयामी प्रतिबिंब देता था उसमें त्रिपाश्व प्रतिबिंब उत्पन्न करने के लिये परिवर्तन किया गया। यह एक उल्लेखनीय सिद्धि है — इस पद्धति का उपयोग इससे संबंधित उपयोगों में किया जा रहा है।

**SEM के लिये जैविक सेम्पल की बनावट :** SEM की सेम्पल चेम्बर की उग्र परिस्थिति के कारण संरचना भंग रोकने के लिये सामान्यतः जैविक पदार्थ की बहुत कंटालाजनक रासायनिक शोधन प्रक्रिया जरूरी है। तदुपरांत SEM सेम्पल बनावट के लिये बहुत समय लगता है तथा  $\text{OsO}_4$  जैसे मंहगे एवं विषैले रसायन रंजक के रूप में आवश्यक हैं। इस असुविधाजनक परिस्थिति को पल्टीयर कूल तथा विभिन्न दाब परिवर्तन का उपयोग करके टाल सकते हैं और ऐसे जैविक सेम्पल को सीधा ताज़ा स्थिति में ही SEM चेम्बर में डाल सकते हैं। इस समय तापमान और दाब का नियमन निर्णायक भूमिका में है।

**FT-IR तथा पावडर एक्स रे तकनीक की मदद से पथरी के बंधारण का अभ्यास :** गुजरात राज्य के सौराष्ट्र प्रांत में पथरी का रोग विशेष रूप से देखने को मिलता है। इस प्रांत के विविध दर्दियों के शरीर से निकाली गई पथरी का संरचनात्मक विश्लेषण किया गया। युरोलोजीस्ट द्वारा एकत्रित किये गये पथरी के सेम्पलों का विश्लेषण एक्स रे डिफ्रेक्शन तथा FT IR पद्धति द्वारा किया गया। IC PDF तथा ICDD डेटा बेज 46 के उपयोग द्वारा पथरी के घटकों को पहचाना गया। विश्लेषण पर से पता चला है कि प्रारंभिक अवस्था की पथरी में कैल्शियम ओक्जालेट तथा पाई गई वजन कटौती सामान्य संघटक है जो मोनोहाइड्रेटवेवेलाइट के नाम से ख्यात है। फिर भी लंबे समय से पीडित दर्दों की पथरी में वेवेलाइट के तथा हाइड्रोक्सील तथा कार्बोनेट एपाटाइट अवस्था, दोनों की मिश्रावस्था पाई गई। पावडर एक्स रे तथा FT IR दोनों पथरी के संघटकों के मात्रानापन तथा गुणधर्म जानने के लिये उत्तम साधन सिद्ध हुए। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 13 देखिए।)

**TGA तकनीक के उपयोग द्वारा PAA से PAI में उष्मीय साइक्लोइमीडाइजेशन का गतिकीय अभ्यास :** PAA का PAI में उष्मीय साइक्लोइमीडाइजेशन TGA तकनीक की मदद से नाइट्रोजन वातावरण में किया गया। बहुलक सेम्पलों को कक्ष के तापमान से निर्धारित तापमान (175, 200, 225 या 260C) तक नियत समयावधि के लिये गरम किया गया और नाइट्रोजन वातावरण में यह परिस्थिति एक घण्टे तक रखी गई। प्रयोग की शुरुआत से, समय के अनुसार हुई वजन कटौती के थर्मोग्राफ को रिकॉर्ड किया गया। संपूर्ण चक्रीयइमीडाइजेशन

के लिये, सैद्धान्तिक वजन कटौती तथा पाई गई वजन कटौती दोनों अनुपात के द्वारा विविध समय पर चक्रीयइमीडाइजेशन के प्रतिशत का अनुमान किया गया। यह देखा गया कि चक्रीयइमीडाइजेशन लिये प्रारंभिक तापमान 200°C रखकर 1 घण्टे तक 260°C तक गर्म करने के मात्रात्मक चक्रीयइमीडाइजेशन मिला। PAA का इमाइड में चक्रीकरण का मात्रात्मक FT IR प्रयोग द्वारा अवलोकन किया गया। IR तथा TGA विश्लेषण ने समान परिणाम दिखाये।

**ICP द्वारा नमक में स्थित शेषधातुओं का विश्लेषण :** यह देखा गया है कि नमक में स्थित विभिन्न धातु आयनों का विश्लेषण करने के लिये जब नोर्मल स्टान्डर्ड का उपयोग किया जाता है तब मापन में ज्यादा क्षति पाई जाती है। यह क्षति कम करने के लिये अभ्यास किये गये। इसलिये उच्च सांद्रतावाले नमकयुक्त स्टान्डर्ड तैयार किये गये और उसकी अंशाकन मापन रेखा तैयार की गई। इससे पता चला कि जब स्टान्डर्ड और सेम्पल दोनों की मेट्रिक्स समान होती है तब 0.1 ppm सेम्पल भी 10 ppm स्टान्डर्ड के सामने यथार्थता से मापन कर सकते हैं।

**आल्कली और आल्कालाइन अर्थधातु आयन के मिश्रण का आयन क्रोमेटोग्राफी द्वारा मात्रात्मक विश्लेषण :** स्टान्डर्ड सेम्पल बनाने का कार्य इस विश्लेषण का महत्वपूर्ण भाग है। सेम्पल के सभी धातु आयनों की सांद्रता के अनुरूप धातु आयनों की सांद्रतावाला स्टान्डर्ड सेम्पल बनाया गया। यह विश्लेषण आयन पेक CS 12(2mm) एनालिटीकल कॉलम तथा 20mM मिथाइल सल्फोनिक एसिड एल्युअन्ट के रूप में 0.25 mL/min के प्रवाह दर पर किया गया। इस पद्धति का मूल्यांकन स्टान्डर्ड सेम्पल के मिश्रण का अज्ञात सेम्पल के रूप में विश्लेषण करके किया गया। इस पद्धति का उपयोग नमक बिटर्न से निष्कर्षित धातु आयनों का विश्लेषण करने में किया गया।

**बायोडीजल उत्पादन के दौरान प्राप्त मिश्रण में मिथेनोल तथा ग्लिसरोल के अनुपात का NMR द्वारा अनुमान :** जेट्रोफा तेल जैसे वनस्पतिजन्य तेल से बायोडीजल बनाने की प्रक्रिया में मिथेनोल उचित तत्व अनुमापिकी से ज्यादा जरूरी होता है। अतिरिक्त मिथेनोल, उद्दीपक तथा प्रतिक्रिया के दौरान उत्पादित ग्लिसरोल के साथ एक घट्ट प्रवाही मिलता है, जिसे ग्लिसरीन लेयर से पहचाना जाता है। अतिरिक्त मिथेनोल की पुनःप्राप्ति के उद्देश्य से ग्लिसरीन स्तर के घटक तत्वों का मात्रात्मक विश्लेषण किया गया। इस उद्देश्य को सिद्ध करने के लिये NMR तकनीक उचित पाई गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 15 देखिए।)

**LCMS के उपयोग द्वारा जेट्रोफा सीड केक में फोरबोल एस्टर की पहचान :** LCMS का उपयोग करके जेट्रोफा सीड केक में स्थित फोरबोल एस्टर (प्राकृतिक रूप से उपस्थित संघटक) को पहचाना गया। शुरु में एस्टर को अलग करने की उचित प्रक्रिया विकसित करने के लिये सीड केक के मिथेनोल निष्कर्षण का उपयोग करके विश्लेषणात्मक HPLC प्रयोग किये गये। इस एस्टर के चार शिखर 24-27 मिनट के रीटेन्शन समय पर मिले। इन पदार्थों को सेमी प्रिपैरेटेटीव HPLC कॉलम से अलग किये गये और उनका अणुभार निर्धारित करने के लिये MS और LCMS प्रयोग किये गये। प्रथम शिखर का m/z मूल्य 537 दूसरे और तीसरे शिखर के 733 (710 + 23 सोडीयम आयन के लिये) तथा चतुर्थ शिखर का 303 मिला। फोरबोल एस्टर का अणुभार तीसरे शिखर के साथ मिलता है जो जेट्रोफा से प्राप्त तेल के समान है। इस घटक का विस्तृत संरचनात्मक अभ्यास बाकी है।

**LCMS के उपयोग द्वारा कप्पाफाइकस एल्बेरेजी पौधे की वृद्धि नियंत्रण का अभिज्ञान, मात्रात्मक तथा संभरण का अध्ययन :** हमारे द्वारा पहले रिपोर्ट किये गया है कि लाल शैवाल के रस में से कप्पाफाइकस एल्बेरेजी नामक सक्षम जैव उर्वरक का बड़े पैमाने पर उत्पादन किया जा सकता है और साथ ही शेष में से कप्पा केरागीनन नामक फायकोकोलाइड प्राप्त किया जा सकता है। (यु एस पेटेंट नं 6, 893, 479) ESI-MS तथा MS-MS स्पेक्ट्रामिति ने सार में से चार प्रकार के वृद्धि नियामक जैसे कि इन्डोल-3-एसैटीक एसिड, कायनेटीन जिंयाटीन, जिब्रालीन की उपस्थिति का समर्थन किया। आंतरिक स्टान्डर्ड का MS में उपयोग करके इन चारों का मात्रात्मक विवरण भी प्राप्त किये गये। इन चारों नियामक के मात्रात्मक विवरण का HPLC अभ्यास द्वारा मूल्यांकन और समर्थन किया गया। समान सांद्रतावाले साइटोकाइनीन (काइनेटीन +

ज़ियाटीन) और जिब्रालीन का HPLC द्वारा किये गये अनुमापन को ESI-MS से प्रमाणित किया गया। यद्यपि MS स्वतंत्ररूप से काइनेटीन और जिज़ियाटीन घटकों को पहचान पाया जो HPLC नहीं कर सका। इन्डोलेटीएसेटीक एसीड के मामले में HPLC द्वारा सही मात्रात्मक विवरण नहीं मिल पाया जो ESI-MS द्वारा सरलता से प्राप्त किया जा सका। उचित संरक्षकों के उपयोग करके कम्पाफाइकस अल्बरेज़ी के सार को तीन महिने तक संग्रह करने के बाद भी इन वृद्धि नियंत्रकों की मात्रा में कुछ परिवर्तन नहीं पाया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 16 देखिए।)

**फीनोल तथा उसके व्युत्पन्नो के अलगीकरण के द्वारा मेम्ब्रेन की कार्यक्षमता का HPLC तकनीक द्वारा मूल्यांकन :** HPLC में C18 रीवर्स फेज कॉलम तथा एसीटोनाइट्राइल-जल चलित फेज का उपयोग करके 2-क्लोरोफीनोल, 4-क्लोरोफीनोल, 2, 4-डाईक्लोरोफीनोल, 2, 4, 6- ट्राईक्लोरोफीनोल, 2, 3, 4, 5, 6- पेन्टाक्लोरोफीनोल का विश्लेषण करने की पद्धति विकसित की गई। इस पद्धति का उपयोग करके, उक्त संयोजनों को विभिन्न मेम्ब्रेन में से पास करने से पहले और बाद वाले सेम्पल का मात्रात्मक विश्लेषण किया गया। विभिन्न मेम्ब्रेन की अस्वीकृति क्षमता का अभ्यास किया गया और परिणामों को मेम्ब्रेन के रंग कद, अणुभार तथा द्विध्रुवचाक मात्रा आदि के आधार पर तर्कसंगत किया गया। 2, 3, 4, 5, 6- पेन्टाक्लोरोफीनोल ने महत्तम अस्वीकृति और फीनोल ने न्यूनतम अस्वीकृति दिखाई।

**Br<sup>-</sup> तथा BrO<sub>3</sub><sup>-</sup> आयनों के अनुमापन के लिये स्पेक्ट्रोफोटोमेट्रीक पद्धति :** क्लोराइड तथा क्लोराइड मुक्त जलीय एसीडीक विलेयक में ब्रोमाइड की उपस्थिति तथा अनुपस्थिति में ब्रोमेट का अनुमान तथा अतिरिक्त ब्रोमेट में ब्रोमाइड की उपस्थिति का अनुमान करने के लिये सरल तथा संवेदनशील स्पेक्ट्रोफोटोमेट्रीक पद्धति विकसित की गई। इस पद्धति द्वारा हमने ब्रोमीन पुनःप्राप्ति प्लान्ट के अल्कलाइन मध्यस्थ में ब्रोमीन विहिन बहिःस्त्रावों में, गुजरात के विभिन्न तटीय प्रदेशों के विभिन्न घनताजल, समुद्रीजल के सेम्पलो में तथा ब्रोमीन पुनःप्राप्ति प्लान्ट सामग्री में Br<sup>-</sup> तथा BrO<sub>3</sub><sup>-</sup> की सांद्रता का अनुमापन किया।

### ऋणायन के लिये सेन्सर्स

**फ्लोराइड सेन्सर्स :** यह देखा गया है कि युरिया तथा थायोयुरिया के एन्थाक्वीनोन उप-एकमो के साथ बंध से प्राप्त रीएजन्ट फ्लोराइड आयन संवेदी रंगमापन के लिये योग्य है। अभिग्राहकों की संरचना में सूक्ष्म परिवर्तन करने से फ्लोराइड के प्रति संवेदनशीलता का निरीक्षण किया गया। रसप्रद बात यह है कि कक्ष के तापमान पर युरिया आधारित अभिग्राहक फ्लोराइड आयन के प्रति संवेदनशील नहीं पाये गये। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 17 देखिए।)

### सुपरामोलेक्युलर स्थापत्य और गुणधर्म

**मूल एवं हेप्टाप्रोटोनेटेड ओक्टाएमीनो क्रीप्टेन्ड की जल समूह के साथ अंतःक्रिया :** विशाल जलसमूह अलग करने के लिये ज़ाइलाइल अंतरकवाले N4 दाता समूहयुक्त होमोडाइटोपीक क्रीप्टेन का साँचे के रूप में उपयोग आजतक रिपोर्ट किया गया है। क्रिस्टलोग्राफीक परिणामों ने समर्थन किया है कि केन्द्रीय गुहायुक्त जल अणु का अनिश्चित द्विआयामी स्तर क्रीप्टेन अणु को समाविष्ट कर सकता है। यह पहले रिपोर्ट किया हुआ है कि प्रोटोनयुक्त एमीनोक्रीप्टेन ऋणायनों के अच्छे अभिग्राहक हैं। हमने ओक्टाएमीनोक्रीप्टेन्ड को हेलाइड आयन को संपूटित करने के लिये प्रोटोनयुक्त किया। मूल क्रिस्टेन्ड का हेप्टा हाइड्रोक्लोराइड क्षार उसके प्रोटोन साँचे के अंदर 1 क्लोराइड को संपूटित कर सकता है। क्रिस्टलोग्राफीक विश्लेषण से ज्ञात हुआ कि यह जलसमूह क्रीप्टेन्ड मोइटी के आसपास समरूप से अवस्थित है, जो क्रीप्टेन्ड गुण में संपूटित क्लोराइड के साथ अंतःक्रिया करता है। त्रिचक्रीय जल समूह के विच्छिन्न घुटी आकारवाली संरचना को साँचे ने स्थिरता प्रदान की है। परिचालित ओक्टाएमीनो क्रीप्टेन्ड (एन्थाइल मोइटी) पर विस्तृत अध्ययन में यजमान की विभिन्न अतिथियों के साथ अंतःक्रिया का संशोधन किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 18 देखिए।)

**आल्कली धातु आयनो के लिये अभिग्राहक :** विविध आल्कली तथा आल्कलाइन अर्थ धातु आयन के प्रति कार्यक्षमता तथा चयनशीलता का मूल्यांकन करने के लिये तथा संमिश्रण प्रक्रिया में संलग्न भुजाओं का कार्य निर्धारित करने के लिये पराकटरशरी ब्युटाइटल केलीकस (4) एरीन क्राउन के विभिन्न प्रतिस्थापितों को फिनोलिक ओक्सीजन की विरुद्ध में कोन कन्फरमेशन में संश्लेषित किया गया। इन आयनोफोर की  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  और  $\text{Ca}^{2+}$  के प्रति चयनशीलता दो चरणों में निर्धारित की गई। (1)  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  के समाण्वय मिश्रण में इसका निष्कार्षण (2) तत्पश्चात अर्क में  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  धात्विय आयनों का आयन क्रोमेटोग्राफी अनुमापन। इन सभी आयनोफोरस ने  $\text{K}^+$  के प्रति उच्च चयनशीलता और  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  के प्रति निम्नतम चयनशीलता दिखाई। इन सभी आयनोफोर का  $\text{Na}^+$  तथा  $\text{K}^+$  के प्रति संयोजन नियंताक दर्शाया जो चयनशीलता के विवरण से संगत है। इन आयनोफोर की संवर्ग सहसंयोजकता के अन्वेषण के लिये उनके  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  क्षार संश्लेषित किये गये। इन सब संयोजनों की आण्वय संरचना एकल स्फटिक क्षकिरण अभ्यास से स्थापित की गई। इस विश्लेषण ने प्रतिपादित किया कि क्राउन रिंग के ओक्सीजन परमाणु एवं फिनोलिक ओक्सीजन के प्रतिस्थापितों के हाइड्रोजन परमाणु H-बंधन आंतःक्रिया प्रवृत्त हैं और आयनोफोर के मामले में दो  $\text{COCH}_3$  प्रतिस्थापितोवाले C-H...O आंतःक्रिया से 8 सभ्योवाली क्राउन रिंग की लंब दिशा में झीकझाक रिंग बनती है जो धातु आयन की केलीकस क्राउन गृह में प्रवेश रोकती है।  $\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$  प्रतिस्थापितोवाले आयनोफोर के मामले में ऐसी कोई भी आंतःक्रिया नहीं देखी गई और धातु कोम्पलेक्स सरलता से बनता है और उच्चतम सुयोजन अचलांक दिखाता है। विलेयक में आयनोफोर और उसके धातु कोम्पलेक्स के स्थायी आचरण का अन्वेषण करने के उद्देश्य से  $^1\text{H}$  और  $^{13}\text{C}$  NMR अभ्यास भी किया गया।

**NIR सक्रिय धातु विद्युतवर्ण साधन :** रुथेनियम पोलीपीरीडील को फोरमीन कोर के साथ सहसंयोजक योग से संश्लेषित किये गये नये सेमीक्वीनोन व्युतपन्नो ने वर्णपट्ट के NIR के क्षेत्र में अधिशोषण पट्ट की बहुत ही उच्च अवशोषणांक कीमत ( $\sim 59000-83500 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) दर्शायी तदुपरांत सहसहयोगी डाइओक्सीलीन क्रिया तथा NIR संकेत की विरंजन तथा प्रतिस्थापन के बीच परिवर्तन घटना की रेडॉक्स अवस्था के रूप में इन सेमीक्वीनोन व्युतपन्नो ने आकर्षक प्रतिवर्ती विद्युत वर्णक्रम दर्शाया जो विद्युत रासायणिक क्रिया द्वारा प्राप्त किया जा सका। इस तरह ये संयोजक NIR सक्रिय विद्युत वर्णक्रम के साधन के लिये आदर्श माने जा सकते हैं।

**अबहुलकीय कार्बनिक हाइड्रोजिलेटर्स की रूपरेखा :** ट्रीस (4/3 पीरीडील) ट्राइमैसिक एमाइडस हाइड्रोजिलेशन परीक्षण के लिये संश्लेषित किये गये। दोनों संयोजनो ने उत्कृष्ट हाइड्रोजिलेशन गुणधर्म दिखाये। एकल स्फटिक संरचना अभ्यास ने जलरोधक गुफावाले 2D हाइड्रोजन बंधन नेटवर्क की उपस्थिति निर्धारित की। 8 एनिलिनो 1 नेप्थाइन सल्फोनिक एसिड सोडीयम सोल्ट नाम के जलरोधक प्रतिदीप्तिशील शलाका का उपयोग करके जेल बनने की प्रक्रिया का गतिक विश्लेषण (मोनीटरिंग) किया गया और पाया कि समय के साथ प्रतिदीप्ति की तीव्रता बढ़ती गई जो कुछ समय के बाद स्थिर पाई गई जिससे संकेत मिला कि जेल बनने की प्रक्रिया पूर्ण हो गई। ये परिणाम और एकल स्फटिक क्षकिरण संरचना ने जेल नेटवर्क में जलरोधक गुफा बनने का समर्थन किया है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 21 देखिए।)

**कार्बनिक-अकार्बनिक संकर घन की रूपरेखा :** कुछ प्राप्त तथा तैयार किए गये पीरीडीनीयम धनायनों के आधार पर परक्लोरोक्युरेट क्षार की श्रेणी संश्लेषित की गई तथा उनकी एकल स्फटिक संरचना निर्धारित तथा विश्लेषित की गई। यह देखा गया कि ऐसे घन पदार्थों की सुपरामोलेक्युलर विन्यास के आकार में विभागीकृत हाइड्रोजन बंधन सिन्थोन A विशेष महत्वपूर्ण है। तदुपरांत सिन्थोन A की प्राप्ति से पता चला कि वह धनायन के स्थान विज्ञान, सिन्थोन की ज्यामिति और निर्बल आंतर प्रक्रिया पर आधारित है। इस अंक ने ऐसा दृष्टांत दिया है जिसमें धनायन और ऋणायन की वैकल्पिक व्यवस्था देखी जा सकती है।



**धातु कार्बनिक सहसंयोजक रूपरेखा :** स्वतः आयोजित निश्चित एवं अनिश्चित धातु कार्बनिक सवर्ग संयोजक नेटवर्क का अभ्यास एक रसप्रद आंतरविभागीय अनुसंधान क्षेत्र है जिसका मेग्नेटीक्स, ओप्टीक्स, इलेक्ट्रॉनिक्स, केटेलीसीस और महेमान-मेजबान आदानप्रदान में उल्लेखनीय योगदान है। स्वतः आयोजित प्रक्रिया द्वारा प्राप्त नेटवर्क संरचना का नियंत्रण तथा अनुमान क्षमता सुपरामोलेक्युलर रसायन क्षेत्र में, एक केन्द्रीय लेकीन भ्रांतिजनक लक्ष्य है।  $\alpha, \omega$  - डाइकार्बोक्सीलेशन के कार्बोक्जिलेट समूह के संक्राति धातु के साथ सवर्ग सहसंयोजन एवम् विविध N-दाता लिगेन्ड के साथ बंधारणीय संरचना समझने के लिये हम उत्सुक थे। इस दिशा में हमने दो सवर्ग सहसंयोजन (I) कोपर (II) पोलीमर्स संश्लेषित किये। इन दोनों संयोजनों को अलग करके एकल स्फटिक क्ष किरण विवर्तन जैसी विभिन्न भौतिक रासायनिक पद्धतियों द्वारा पृथक्करण किया गया।

**सुपरामोलेक्युलर धात्विय सर्पिल संरचना :** स्वतः आयोजित एकल तंतु संरचना का सरल एकपात्रीय प्रक्रिया द्वारा संश्लेषण किया गया और एमिनो एसीड की सर्पिल ढाँचे सुरक्षित रखकर उसके अवकाशीय गुणधर्म का परीक्षण किया गया।  $[\text{Cu}(\text{DL-Phe})(\text{BPY})](\text{ClO}_4)(1)$ ,  $[\text{Cu}(\text{DL-Phe})(\text{Phen})(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4)(\text{H}_2\text{O})(2)$  तथा  $[\text{Cu}(\text{L-Phe})(\text{BPY})(\text{H}_2\text{O})]\text{H}_2\text{OClO}_4$ , ये तीनों संयोजन संश्लेषित किये गये तथा विविध स्पेक्ट्रोस्कोपीक और विश्लेषिक तकनीकों से गुणधर्मों का परीक्षण किया गया। इन सभी संयोजनों ने लगभग समान रासायनिक संरचना एवं ज्यामिति दर्शायी।

### संगणनात्मक अभ्यास

**$C_2$  किराल प्रतिस्थापित 1, 3, 5, 7-cis ट्रेट्राएज़ाडेकालीन प्रोटोन स्पंज के रूप में :** किराल 1, 5 डाइएज़ा-cis-डेकालीन्स तथा प्रतिस्थापित 1, 3, 5, 7-cis-ट्रेट्राएज़ाडेकालीन्स का डेन्सीटी क्वान्टम केमीकल संगणना का उपयोग करके काइरल प्रोटोन स्पंज के रूप में डीज़ाइन किया गया। संगणना से पता चला कि 1, 3, 5, 7-cis ट्रेट्राएज़ाडेकालीन की गेस फेस एफीनीटी परिचित 1, 8 bis (डाइमेथाइलामीनो) नेथेलीन (DMAN) कम्पाउन्ड से ज्यादा पाई गई। 1, 3, 5, 7-cis-ट्रेट्राएज़ाडेकालीन्स के प्रोटोनेटेड स्वरूप की स्थिरता के लिये कोओपरेटिव तथा एनोमेटिक असर जिम्मेदार पाया गया। इस संगणना के परिणामों से पता चला है कि 1, 5 डाइएज़ा-cis-डेकालीन्स तथा N प्रतिस्थापित cis-1, 3, 5, 7-ट्रेट्राएज़ाडेकालीन्स को किराल प्रोटोन स्पंज के रूप में उपयोग कर सकते हैं और इसके असममित संश्लेषण में विस्तृत श्रेणी विनियोग हो सकता है। प्रथम चरण में यह प्रस्तावित हुआ कि सैद्धान्तिक संगणनात्मक परिणामों को प्रायोगिक pKa मापन से तर्कसंगत किया जा सकता है।

### आल्कलोइडज़ तथा टर्पीनोइडज़ के प्रति अनुबद्ध प्रतिक्रियाएं :

**आल्कलोइडज़ :** चक्रीय डाइज़ोएमाइड्स की त्रिघटकीय प्रतिक्रिया में रहोडीयम (II) एसीटेट को उद्दीपक के रूप में उपयोग करके ओक्सीइन्डोल एकम को समाविष्ट करके स्पाइरो-फ्युरान का संश्लेषण किया गया। बिस-डाइज़ोएमाइड और बिस आल्डीहाइड को समाविष्ट करके की गई प्रक्रिया में चार कार्बन-कार्बन बंध, दो कार्बन-ओक्सीजन बंध और चार काइरल केन्द्र का एकसाथ, एक ही चरण में सृजन हुआ। परिचालन सरलता, उच्च डाइएस्टरोसीलेक्टिविटी तथा उच्च निपज इस नवीनतम हीटरोसायकलीक कम्पाउन्ड के बहुआयामी, एक पात्र संश्लेषण के मुख्य लक्षण हैं। (जर्नल ओर्गे. केमिस्ट्री 2004, 69, 5631)

**टर्पीनोइड्स :** आल्फाडायोजोन किटोन से उत्पन्न अस्थायी पाँच सभ्योवाला चक्र, कीटोन और आल्डीहाइड जैसे क्रियाशील समूहवाले हीट्रोडाइपोलरोफाइल्स के साथ बहुविध 1.3 द्विध्रुवीय साइक्लोएडीसन प्रक्रिया करके क्रैमो और डायस्टीरीयोसीलेक्टिव पद्धति से ब्रीस और

ट्रीस इपोक्सीब्रीज्ड टेट्राहाइड्रोपाइरेनोन रिंग सीस्टम बनाता है। नरम परिस्थितियों में उच्च रीज्यो, कीमो और डायार्स्टीरीयोसीलेक्टीवीटी के साथ रहोडीयम, उद्वीपक द्वारा विविध कदवाली स्पाइयोकार्बोसाइकल चक्र का संश्लेषण करने के लिये सक्षम अभिगम अपनाया गया। (केम कोम 2005, 3862) विविध ओक्सीजन, नाइट्रोजन और सल्फर न्युक्लीओफाइल की हाजिरी में आल्फाडायजोकार्बोनील कम्पाउन्ड की रहोडीयम, एसीटेट उद्वीपक से उद्वीपक प्रक्रिया करके सीसफ्युज्हेक्ज़ाहाइड्रो-1-बेन्जोफ्युस 3(2H)-cn और सीसफ्युरा 3(2H) और ट्रेटाहाइड्रो-2H-साइक्लोपेन्टा [b] फ्युरान-3(3aH) चक्रीय प्रणाली श्रेणी संश्लेषित की गई। यह पद्धति अनुबद्ध चक्रीयकरण केन्द्रनुरागी योजित प्रक्रिया का पहला उदाहरण अनावृत करता है। हमने सर्वप्रथमबार रहोडीयम, एसीटेट उद्वीपक द्वारा आयोनीक प्रवाही को द्रावक के रूप में प्रयुक्त करके कक्ष तापमान पर आल्फाडायजोकीटोन की अनुबद्ध 1, 3 द्विध्रुवीय साइक्लो एडीसन प्रक्रिया को निर्देशित किया है। (ट्रेटाहेट्रोन 2005, 61, 1309) इसी पद्धति का दूसरे आयोनीक प्रवाही और विविध रहोडीयम और कोपर उद्वीपकों के साथ अभ्यास किया गया। द्रावक और उद्वीपक को सानुकूल परिस्थिति में पुनः प्राप्त करके पुनः उपयोग किया गया।

## अकार्बनिक पदार्थ एवम् उत्प्रेरण विभाग

### असममित उत्प्रेरण

**असममित इपोक्सीकरण के लिये प्राप्य योग्य काइरल उत्प्रेरक :** MCM-41 पर काइरल Mn(III) सैलेन संकुलों का अचलन मृदा पर Mn(III) सैलेन संकुलों के ऐंकरिंग के विवरण की इससे पहले की रिपोर्ट के बाद, अक्षीय संयोजन से, पिरीडीन N-आक्साइड रुपांतरित, MCM-41 पर नये अचलित काइरल Mn(III) संकुल बनाये गये तथा स्टाइरीन का उत्प्रेरित इपोक्सीकरण किया गया। इपोक्सीकरण, प्रतिबिंब चयनित (62-69% ee) तथा समांग उत्प्रेरण की तुलना में (36-51% ee) अधिक रहा किन्तु अभिक्रिया गति कम रही। अपेक्षाकृत भारी अल्कीनों, इन्डीन तथा डाईमेथिलक्रोमीन के लिये भी ये उत्प्रेरक प्रभावी थे तथा इनकी सक्रियता (82-89%) तथा प्रतिबिंब चयनता (69-92%) समांग उत्प्रेरण से तुलनीय पाई गई। उत्प्रेरक को छान कर सात बार, कार्य-हानि के बिना, पुनर्चक्रित किया गया। (जे.केटल. 235 (2005) 28; ट्रेटाहेट्रन एसिमिटी 16 (2005) 3562; जे केटल, 238 (2006) 134)

**पुनर्चक्रीय डाइमरिक तथा बहुलकी Mn(III) सैलेन संकुल :** उत्प्रेरक के सरल पुनःप्राप्ति के विकल्प के रूप में, डाइमरिक Mn(III) सैलेन संकुल उपर्युक्त असममित इपोक्सीकरण हेतु संश्लेषित किये गये। इन उत्प्रेरकों ने उच्च क्षमता तथा चयनता दिखाई। इन्हें अध्रुवी विलायकों के साथ सरलता से अवक्षेपित करके अभिक्रिया के अंत में पुनः प्राप्त किया गया तथा उत्पाद विलायक में ही रहा। इसी प्रकार सरल ढंग से बहुलकी Mn(III) सैलेन संकुल भी बनाये गये तथा अभिक्रिया के बाद पुनर्प्राप्त किये गये। (जे.केटल. 224 (2004) 229; जे केटल, 107 (2006) 127)

**रेशिमिक इपोक्साइडों के जलगतिकी विलगन :** जिन इपोक्साइडों को उच्च इनैन्शियो चयनता के साथ सीधे नहीं बनाया जा सकता है, उन्हें उच्च काइरल शुद्धता के साथ जलगतिकी विलगन गति से बनाया जा सकता है। पुनर्चक्रीय Co(III) सैलेन संकुल इसके लिये विशेष रूपेण प्रयुक्त पाये गये। जलगतिकी विलगन द्वारा, रेशिमिक इपीक्लोरोहाइड्रीन, 1, 2-इपोक्सीप्रोपेन, 1, 2-इपोक्सीहेक्सेन, 1, 2-इपोक्सीआक्टेन तथा 1, 2-इपोक्सीडोडेकेन से 2-12 घंटे में इनैन्शियो-शुद्ध इपोक्साइड तथा डायोल (99% ee) प्राप्त हुए तथा उत्प्रेरक को पुनर्चक्रित किया गया। (काइरलिटी 17(2005)1)

**विलायक मुक्त अवस्था में इपोक्साइड वलय खुलने की अभिक्रियाएं :** जियोलाइट आणुविक सीक्स A से उत्प्रेरित एलिफैटिक तथा एरोमेटिक अमीन द्वारा इपोक्साइडों के नाभिक संगत वलय खुलने की विलायक मुक्त अवस्था की क्रियाओं में काइरल अमीनों आल्कोहल उत्कृष्ट प्राप्ति तथा रीजियो चयनता के साथ बनें। इपोक्साइड के R-समूह को आल्किल से एरिल तक बदलने में रीजियो चयनता उल्टी पाई गई।  $\text{BiCl}_3$  प्रयुक्त ज्ञात अभिक्रिया से, इस उत्प्रेरक द्वारा सुधार पाया गया। (युरोपियन ज. केमि., (2006)1303; टेट्राहेड्रन लेट. 47(2006)527; टेट्राहेड्रन एसिमिद्री 17(2006)1638) (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 27 देखिए।)

**मिसोसरंधी सिलिका पर अचलित काइरल BINOL लिगेन्ड :** काइरल शुद्ध BINOL लिगेन्ड, छठे स्थान द्वारा दो विभिन्न माप के मिसोसरंधी सिलिका [MCM-41 (37 Å) तथा SBA-15 (68 Å)] पर अचलित किये गये।  $\text{Ti}(\text{O}^i\text{pr})_4$  के साथ यह विषमांग काइरल सहायक, डाईएथिल जिंक से एलिडहाइड के असममित आल्कलीकरण के लिए उत्प्रेरक के रूप में प्रयोग किया गया। जिसमें 90% तक उत्कृष्ट प्राप्ति तथा 93% सेकेन्डरी आल्कोहल की चयनता मिली। MCM-41 की अपेक्षा SBA-15 आधारित उत्प्रेरक में उत्तम इनैन्शियो प्रेरण (69%) मिला। ट्राइमेथिलसिलिल ग्रुप से कैण्ड उत्प्रेरक ने कार्यसम्पादन में आगे सुधार किया। (जे. मोल. कैटल. 244(2006)110; टेट्राहेड्रन एसिमिद्री 17(2006)1506)

**पुनर्चक्रित डाइमरिक  $\text{Ti(IV)}$  (सैलेन) संकुल-उत्प्रेरित O-एसिटिल साइनोहाइड्रिन साइनाइड के प्रयोग से असममित संश्लेषण :** काइरल साइनोहाइड्रिन का औषधियाँ, कृषिरसायनों तथा अन्य क्षेत्रों में महत्वपूर्ण उपयोग होता है तथा इन्हें बनाने की कई दक्ष तथा सफल विधियाँ विकसित की गई हैं। पुनर्चक्रित  $\text{Ti(IV)}$  डाइमरिक सैलेन संकुल बनाये गये तथा कई अलिडहाइडों के असममित साइनेशन के लिये उत्प्रेरक के रूप में,  $\text{NaCN/KCN}$  साइनाइड स्रोत के साथ, प्रयुक्त किये गये जिसमें O-एसिटिल साइनोहाइड्रिन की उत्कृष्ट प्राप्ति 10 से  $-20^\circ\text{C}$  पर 12-17 घंटे में उच्च काइरल उत्प्रेरण (90% ee) के साथ हुई। डाइमरिक Mn- तथा Co- सैलेन संकुलो की तरह, Ti- सैलेन संकुलो भी सरलता से अवक्षेपित करके पुनर्चक्रित किये गये। (युरोपियन ज. केमि. (2006)3175; जे. मोल. कैटल. 264(2006) 140; टेट्राहेड्रनएसिमिद्री, 17(2006) 2659)

## $\text{C}_1$ रसायन

### सिन गैस ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) से आल्कीनों का हाइड्रोफार्मलीकरण

**एक पात्र में प्रोपीलीन से 2-एथिल हेक्सेनोल का संश्लेषण :** प्रोपीलीन से 2-एथिल हेक्सेनोल बनाने की औद्योगिक विधि में कई कमियाँ हैं : (i) तीन पदों का होना (ii) दूसरे पद में होनेवाले अल्डोन संघनन के लिये विषाक्त KOH या NaOH द्रव के भारी मात्रा में उपयोग से उच्छिष्ट की समस्या तथा (iii) संश्लेषण के बाद के भारी कार्य। एक पात्र में प्रोपीलीन से 2-एथिल हेक्सेनोल बनाने के लिये एक बहुआयामी उत्प्रेरक से आक्सो एल्डोल के साथ, सफल प्रयास किया गया। (कैटल. कम्युनिकेशन 7, 881, 2006; यु एस पेटन्ट एप्लिकेशन नं 20060149101 A1, प्री ग्रांट) (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 29 देखिए।)

**लिगैंड चयनित एथिलीन-हाइड्रोफार्मलीकरण :** फास्फीन, आर्सीन तथा एंटीमनी लिगैंड आधारित Rh, Co, Pd तथा Ru संकुल उत्प्रेरित  $150^\circ$  से. पर, विलायक बेन्ज़ीन में, सिन-गैस द्वारा एथिलीन के हाइड्रोफार्मलीकरण से ज्ञात हुआ कि  $\text{AsPh}_3$  भी इसके लिये एक दक्ष लिगैंड है। Rh, Co और Pd संकुलो ने चयनतः एलिडहाइड उत्पाद दिया जबकि Ru संकुल से एलिडहाइड और आल्कोहोल दोनों बनें। परिवर्तन और चयनता की दृष्टि से अपेक्षानुसार Rh संकुल, Co, Pd तथा Ru संकुल से ज्यादा सक्षम रहे। Rh के अलावा सभी धातु संकुलो ने  $\text{AsPh}_3$  लिगैंड के साथ,  $\text{AsPh}_3$  तथा  $\text{SbPh}_3$  की तुलना में, उत्तम हाइड्रोफार्मलीकरण किये। (रियक्ट. काइनेट. कैटल. लेट. 85, 3, 2005)

**आल्कीनों के हाइड्रोफारमलीकरण हेतु नये धातु संकुल :** भारी ट्राईनैटिथल फास्कीन (PNP<sub>3</sub>) लिगैंड से बनाये गये Rh/Ru संकुलो ने उच्च ताप पर एलिडहाइड बनाने की चयनता में उच्चता प्रदर्शित की है। जिसमें कोई भी हाइड्रोजनिक उत्पाद नहीं मिला तथा नार्मल से आइसो का अनुपात 0.8 पाया गया।

**मीथेन का सीधा आक्सीकरण :** रुथेनियम सैलेन आधारित म्यु आक्सो डाई एसिटेटो-सेतु संकुल उत्प्रेरक द्वारा 15 एटमासफियर दाब तथा 30 °C ताप पर मीथेन का आक्सीजन द्वारा आक्सीकरण, 1:1 जल:एसिटोन (v/v) विलायक में किया गया जिसमें मुख्य उत्पाद मिथेनोल, थोड़ी सी फारमल डिहाइड के साथ पाया गया। उत्प्रेरक की सान्द्रता, मीथेने दाब, आक्सीजन दाब तथा मीथेन आक्सीजन अनुपात बढ़ाने से, मिथेनाल बनने की अभिक्रिया गति में वृद्धि पाई गई। मिथेन का मिथेनाल में (6.3 %) परिवर्तन 16 चक्र/घंटा। मोल-उत्प्रेरक, टर्न ओवर के साथ पाया गया।

### उत्प्रेरण से हरित फाइन रसायनो का संश्लेषण

**0.50 कि. ग्रा. स्तर पर मेथिल चेंविकाल का ट्रान्स-एनिथोल में समावयन :** व्यावसायिक सक्षम धातु संकुल RuCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub> उत्प्रेरित विभिन्न विलायकों में शोध किये गये, मेथिल चेंविकाल से ट्रान्स-एनिथोल सगंध रसायन, के परिवर्तन में, सबसे अच्छा परिणाम विलायक इथेनोल में, 99.7% परिवर्तन तथा ट्रान्स-एनिथोल की चयनता (95.4 %) के साथ प्राप्त हुआ। इस प्रक्रम में 0.5 कि.ग्रा. (मेथिल चेंविकाल) स्तर पर 2.5 ग्रा. उत्प्रेरक के साथ अध्ययन किया गया। जिसमें उत्पाद (सिस + ट्रान्सएनिथोल = 0.49 कि.ग्रा.) तथा उत्प्रेरक की पुनर्चक्रियता उत्कृष्ट पाई गई। परिवर्तन एवम् चयनता में किसी विशेष हानि के बिना उत्प्रेरक तथा विलायक 5 बार पुनर्चक्रित किये गये। (जे. मोल. कैटल. 245, 200, 2005)

**द्विबंध समावयवन के लिये ठोस क्षार द्वि तथा त्रि धातु हाइड्रोटेल्साइट उत्प्रेरक :** विभिन्न धातु आयनों के सम्मिलन तथा सांद्रताओं के साथ विभिन्न श्रेणी के हाइड्रोटेल्साइटों M(II)M(III)-xHT, (M(II) = Mg, Ni, Co, Cu तथा Zn और M(III) = Al, Fe तथा Cr) पर इस्ट्रागोल से एनिथोल का समावयवन किया गया। अध्ययन किये गये सभी द्विधातु हाइड्रोटेल्साइटों में त्रिसंयोजक धनायन Al के साथ Mg तथा Ni ने उच्च सक्रियता दिखाई। त्रिसंयोजक धातु आयनों के बदलने से पता चला कि उच्चतम सक्रियता Al की है तथा उसके बाद के क्रम में Fe तथा Cr है तथा इनकी सक्रियता तथा क्रिस्टलता में सीधा संबंध है। Mg/Al के परमाणुविक अनुपात के बदलने से, MgAl द्विधातु हाइड्रोटेल्साइट ने उत्प्रेरक में Mg/Al के अनुपात 4 पर उच्चतम सक्रियता प्रदर्शित की। उच्च ध्रुवतावाले विलायकों से अभिक्रिया बढ़ी। अभिक्रियक: उत्प्रेरक अनुपात को बदलने से पता चला कि अनुपात घटाने से सक्रियता बढ़ी, जहाँ पर 99% परिवर्तन, छ घंटे में, अभिक्रियक: उत्प्रेरक अनुपात 5:1 पर सिस : ट्रान्स अनुपात 14 : 86 के साथ मिला। (कैटल. कम्युनिकेशन 231, 381, 2005; जे. कैटल 6, 394, 2005; जे मोल कैटल 244, 83, 2006)

**दुर्लभ मृदा धनायन विनिर्मित जियोलाइट-β जैसे ठोस अम्ल उत्प्रेरक द्वारा आर्थो-जाइलीन-0 का नाइट्रेशन :** ठोस अम्ल उत्प्रेरक जैसे कि दुर्लभमृदा (Ce, Gd, Sm, Pr, La, Dy, Nd, Eu) धनायन विनिर्मित जियोलाइट-β द्वारा आर्थो-जाइलीन के नाइट्रेशन पर अध्ययन किया गया। सगंध नाइट्रेशन अभिक्रियायें औषधि एवम् रसायन उद्योगों के लिये विशेष महत्वपूर्ण हैं। परम्परागत उत्प्रेरक (HNO<sub>3</sub> तथा H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> मिश्रण) अवशेष उत्प्रेरक के फेंकने से होनेवाले विषाक्त पर्यावरण प्रदूषण की सीमायें रखते हैं। एसिटिक एन्हाइड्राइड तथा o-डाईक्लोराइथेन विलायकों में द्रव-अवस्था में 313 K पर 3 घंटे के लिये नाईट्रेटिंग मूलक HNO<sub>3</sub> के साथ आर्थो-जाइलीन के नाइट्रेशन पर

उत्प्रेरक सक्रियता पर अध्ययन किया गया। जाइलीन-o के नाइट्रेशन के लिये एसिटिकएन्हाइड्राइड अच्छा माध्यम रहा और Ce-β की सक्रियता उच्च (> 85%) 58% पैरा की चयनता के साथ पाई गई। SEM, XRD तथा IR स्पेक्ट्रोकोपी द्वारा उत्प्रेरकों का लक्षणन किया गया। (जे. मोल. कैटल A: केमिकल 252, 194(2006)) (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 32 देखिए।)

**विभिन्न Cu/Mg परमाणु अनुपाती CuMgAl त्रिधातु हाइड्रोटेल्सिड पर फिनोल का हाइड्रोक्सिलीकरण :** CuMgAl त्रिधातु हाइड्रोटेल्सिड्स विभिन्न Cu/Mg परमाणु अनुपातों (5.0 से 0.2) के साथ, अशुद्धि अवस्था उपक्रिस्टलन बिना, संश्लेषण किये गये। मैग्नेशियम की सान्द्रता बढ़ाने पर इन पदार्थों के HT-जैसे लैटिस की क्रमता तथा उष्मीय स्थिरता में वृद्धि हुई जिसका पता, PXRD तथा उष्मीय ग्रेवीमिति से चला। कापर की सांद्रता बढ़ाने पर, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> आक्सीकारक तथा H<sub>2</sub>O विलायक में, फिनोल के चयनित हाइड्रोक्सिलीकरण में वृद्धि हुई, जबकि नार्मलाइज सक्रियता ने विपरीत रुख दिखाया। समान दशाओं में अभिक्रियक: उत्प्रेरक अनुपात बदलने से सक्रियता में मिश्रित रुख मिला। मूल संश्लेषित तथा निस्तापित हाइड्रोटेल्सिडों में से मूल संश्लेषित की सक्रियता अधिक रही।

M(II)MnAl त्रिधातु हाइड्रोटेल्सिडों M(II) = Cu or Mg, M(II)+Mn/Al = 3.0 तथा M(II)/Mn = 90:10 के साथ उप अवक्षेपण विधि द्वारा विभिन्न समय, 30 मिनट से 18 घंटे, के साथ तैयार किये गये, तथा इनके साथ फिनोल का हाइड्रोक्सिलीकरण किया गया। समय बढ़े (6 घंटे) हाइड्रोटेल्सिडों से परिवर्तन में वृद्धि पाई गई, जबकि ज्यादा समय बढ़े कापर युक्त नमूने में परिवर्तन में कमी पाई गई। (जे. फिजिकल केमि. 110(2006) 12365; कैटल सर्वे फ्राम एशिया 10, 117, 2006)

**रुथेनियम उत्प्रेरकों से आंतरिक ओलीफीनों का हाइड्रोजनीकरण :** रुथेनियम ट्राईफेनिल तथा ट्राईनैथिलफास्फीन संकुल उत्प्रेरक, 2- आक्टिन के हाइड्रोजनीकरण में उपयुक्त पाये गये। समय के साथ किये गये इन अभिक्रियाओं में ट्राईनैथिल के साथ के संकुल ने उत्तम दक्षता, 100% परिवर्तन के साथ, 120 मिनट में दिखाई जबकि उसी दशा में ट्राईफेनिल फास्फीन आधारित संकुल में मात्र 70% ही परिवर्तन पाया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 34 देखिए।)

### प्रकाशोत्प्रेरण

**धातु अन्तर्भरित नैनोक्रीस्टलाइन मीसोसंरंध्री TiO<sub>2</sub> :** Ag, Co, Cu, Fe तथा Ni अन्तर्भरित नैनोक्रीस्टलाइन मीसोसंरंध्री TiO<sub>2</sub> के प्रकाश उत्प्रेरित सक्रियता का मूल्यांकन, जलीय माध्यम में नाइट्रोबेन्जीन के अवकर्षण द्वारा 1-8 घंटे में UV प्रकाश किरणन में UV/VIS स्पेक्ट्रोफोटोमीटर से, तथा विभिन्न समय में लिये गये अवकर्षित जलीय घोलों में से रासायनिक आक्सीजन मांग को निश्चित करके किया गया। इनमें Ag अन्तर्भरित उत्प्रेरक से अवकर्षक कि गति, अन्य की तुलना में, सबसे ज्यादा रही। (इन्डस्ट्रियल इंजीनियरींग केमि. रिसर्च 45, 922, 2005)

**Fe-अन्तर्भरित प्रकाश उत्प्रेरक पर ऋणायन का प्रभाव :** प्रकाश उत्प्रेरित सक्रियता को रोकनेवाले क्लोराइड आयन के विकल्प में, प्रकाश उत्प्रेरक P-25 डिगुसा को Fe के क्लोराइड तथा नाइट्रेट आयनों से अन्तर्भरित किया गया। विभिन्न Fe धातु मात्राओं 0.1-10% (भार/भार) के फेरिक क्लोराइड तथा नाइट्रेट घोलों के प्रयोग से नम अन्तर्भरित विधि से प्रकाश उत्प्रेरक बनाये गये तथा XRD, DRS, SEM तथा एकल बिंदु सतह क्षेत्र विधि द्वारा लक्षणित किये गये। परिणामों से ज्ञात हुआ कि क्लोराइड की जगह नाइट्रेट आयन का प्रयोग किया जा सकता है तथा उत्प्रेरण सक्रियता की रोक को दूर किया जा सकता है।



**सौर्य-प्रकाश में रंजको का विरंजन :** विभिन्न रंजकों के विरंजन के लिये, प्रकाशउत्प्रेरक P-25 डिगुसा प्रयुक्त UV प्रकाश के स्थान पर सौर्य-प्रकाश के साथ शोध किये गये। मेथिलीन क्लयु, मैलाचाइट ग्रीन, आरेंज G तथा ब्रोमोक्रोसोल ग्रीन का अवकर्षण सौर्य-प्रकाश में बंद समतल पेंदा फ्लास्क में किया गया। छ घंटे में सभी रंजक पूर्णतया, सौर्य-प्रकाश में रंगहीन हो गये। UV तथा सौर्य प्रकाश में मात्र यही अन्तर पाया गया कि UV प्रकाश में अवकर्षक की गति ज्यादा रही।

## जियोलाइटों पर अधिशोषण

**नाइट्रोजन, आक्सीजन तथा आर्गन का एकल, द्वि तथा त्रिसंयोजक धनायन के साथ मोर्डनाइट जियोलाइट पर अधिशोषण :** नाइट्रोजन चयनता तथा हवा में से आक्सीजन विलगन क्षमता को दाब सिंग अधिशोषण द्वारा बढ़ाने के लिये एकल, द्वि तथा त्रि संयोजक धनायनों से मोर्डनाइट जियोलाइट को विनिर्मित किया गया। मोर्डनाइट के सोडियम को एकल, द्वि तथा त्रि-संयोजक: लीथियम, पोटैशियम, सीजियम, कैल्शियम, बेरियम, लैंथनम तथा सीरियम के साथ बदला गया। समविन्यासी अधिशोषण उष्मा की गणना के लिये दो अलग तापों पर संतुलित अधिशोषणों का माप किया गया। अधिशोषण माप से पता चला कि लीथियम-विनिर्मित मार्डनाइट में उच्च अधिशोषण क्षमता तथा सीजियम-विनिर्मित मार्डनाइट में सबसे निम्न क्षमता है। यह भी देखा गया कि नाइट्रोजन के लिये अधिशोषण उष्मा, आवेश घनत्व को बढ़ाने से एकल तथा द्विसंयोजक धनायनों के साथ, सीधी बढ़ी, जो यह प्रदर्शित करती है कि  $N_2$  अधिशोषण की चयनता स्थिर वैद्युत अन्योन्य क्रिया से नियंत्रित होती है। (इंडस्ट्रियल इंजी. केमि. रिसर्च 44,6856, 2005; लैंगमूर 21, 11220, 2005)

**मैंगनीज (II) विनिर्मित A और X प्रकार के जियोलाइट :** मैंगनीज (II) विनिर्मित A और X प्रकार के जियोलाइट बनाकर, लक्षणित करके उनका  $N_2$ ,  $O_2$  तथा Ar के अधिशोषण के लिये 288.2 और 303.0K पर, अध्ययन किया गया। Mn-विनिर्मित जियोलाइट A से  $N_2$ ,  $O_2$  तथा Ar को अधिशोषण क्षमतायें संतुलित दाब बढ़ाने से बढ़ी। Mn(II) विनिर्मित जियोलाइट X से  $N_2$ ,  $O_2$  तथा Ar की अधिशोषण क्षमतायें Mn-स्तर बढ़ाने से बढ़ी। लेकिन नाइट्रोजन अधिशोषण कम दाब क्षेत्र में ही रेखीय रहा इसके बाद अरेखीय हो गया। दाब के साथ  $O_2$  तथा Ar की अधिशोषण क्षमतायें सीधी बढ़ी। हेनरी तथा लैंगमूर स्थिरांक, तथा समविन्यासी अधिशोषण उष्मा के मानको से पता चला कि जियोलाइट गुहिको में Mn(II) आयन तथा नाइट्रोजन अणु मजबूती से अन्तर्क्रिया करते हैं।

**NaX तथा NaA जियोलाइटों पर  $CO_2$  तथा  $N_2$  का अधिशोषण:** NaX तथा NaA जियोलाइटों पर  $CO_2$  तथा  $N_2$  के अधिशोषण का अध्ययन 303 K पर किया गया  $N_2$  की तुलना में दोनो जियोलाइटों पर  $CO_2$  की अधिशोषण क्षमता उच्च रही NaA में 303 K पर  $CO_2$  का अधिशोषण समताप वर्गाकार होने के कारण PSA विधि के अनुकूल नहीं है।  $CO_2$  तथा  $N_2$  अणु जियोलाइट अधिशोषकों से मुख्यतः स्थिर वैद्युत अन्तर्क्रियन द्वारा क्रिया करते हैं।  $CO_2$  का चतुध्रुव आघूर्ण (4.2 esu)  $N_2$  से (1.2 esu) अधिक होने से,  $CO_2$  का जियोलाइट सतह पर अपेक्षित मजबूती से क्रिया करना,  $CO_2$  की जियोलाइट पर उच्च अधिशोषण क्षमता होने के कारण है।

## औद्योगिक उच्छिष्ट : पुनर्प्राप्ति एवम् मूल्यवृद्धि

**किंबरलाइट से सोडियम सिलिकेट, जियोलाइट A तथा अवक्षेपित सिलिका बनाने की प्रविधि :** किंबरलाइट से पुनर्प्राप्त सिलिका अवशेष से सोडियम सिलिकेट (50 कि.ग्रा.स्तर), अवक्षेपित सिलिका (5 कि.ग्रा.स्तर) तथा जियोलाइट A (10 कि.ग्रा.स्तर) बनाने के लिये, प्रविधि प्रौद्योगिकी पैकेज, संपूर्ण प्रविधि ज्ञान, उपकरण विशेषतायें तथा बाजार सर्वेक्षण के साथ तैयार करके, M/s NMDC को जमा किया गया। इस शोधों के आधार पर तीन पेटन्ट भी फाइल किये गये। इस प्रविधि के संभावित वाणिज्यन हेतु, पन्ना माइंस के पास KCIL का कारखाना होने तथा उपलब्ध कच्चे माल (NaOH,  $H_2SO_4$ , HCl) की दृष्टि से किंबरलाइट के मूल्यवृद्धि हेतु, KCIL, नई दिल्ली से परिचर्चा की शुरुआत की गई। रेनूकूट में इंटिग्रेटेड किंबरलाइट कांपेल्कस रखने की संभाव्यता पर चेयरमैन तथा प्रबंध निदेशक के समक्ष प्रस्तुति की गई जो

सार्थक स्वीकार हुई। KCIL अपने रेनूकूट साइट पर 1 टन प्रतिदिन किंबरलाइट प्रोसेस करने के लिये तथा प्लान्ट लगाने के लिये सहमति दी। 12 दिसम्बर 2005 को तीन पार्टियों, NMDC, KCIL, नई दिल्ली तथा CSMCRI, के बीच, 1 टन प्रतिदिन किंबरलाइट KCIL रेनूकूट में प्रोसेस करके अपस्केल करने हेतु समझौता करार हस्ताक्षरित हुआ।

**औद्योगिक उच्छिष्ट से  $TiO_2$  की पुनर्प्राप्ति :** लगभग ~ 35%,  $SiO_2$  तथा ~ 4%  $TiO_2$  युक्त कच्चे किंबरलाइट से  $TiO_2$  को पुनःप्राप्त करने के लिये,  $TiO_2$  को अम्ल से उपचरित किया गया। पदार्थ में क्रमशः  $SiO_2$  (70-75%) तथा  $TiO_2$  (9% तक), युक्त पाया गया।  $SiO_2$  के सोडियम सिलिकेट के रूप में प्राप्ति के बाद, ठोस अवक्षेप में  $TiO_2$  काफी पाया गया। अवक्षेप के विश्लेषण से पता चला कि इसमें लगभग 70-75%  $TiO_2$  तथा 20-22% सिलिका क्वार्ट्ज के रूप में हैं।  $TiO_2$  को घोलने के लिये ठोस अवक्षेप को सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल में गलाया गया।

एक अन्य अध्ययन की शुरुआत, पिगमेंट स्तर- $TiO_2$  तथा पालिस्टर कोटिंग में प्रयुक्त, उपयुक्त  $TiO_2$  बनाने के विकास के उद्देश्य से, रिलायंस इन्डस्ट्रीज लिमिटेड, हजीरा के पोलीप्रोपीलीन प्लान्ट के उच्छिष्ट पेस्ट जैसे पदार्थ (जिसमें 18% तक  $TiO_2$  है) से  $TiO_2$  की पुनर्प्राप्ति हेतु की गई। मानक MgO के सापेक्ष, 95 श्वेतता अंक का उत्पाद बनाया गया।

**महीन विभाजित अवक्षेपित सिलिका बनाने की प्रविधि का प्रदर्शन :** सफलतापूर्वक पूरे किये गये मेसर्स कडवानी केमिकल्स लिमिटेड, जामनगर, गुजरात द्वारा प्रायोजित इस प्रोजेक्ट का अंतिम विस्तृत तकनीकी प्रतिवेदन, पूरे प्रविधि ज्ञान, उत्पाद विशिष्टता, विश्लेषण विधि तथा अवक्षेपण के रासायनिक विधि के साथ तैयार किया गया। पार्टी की इच्छित विशिष्टता के साथ महीन विभाजित अवक्षेपित सिलिका का रिपोर्ट तैयार करके जमा किया गया। 10 माइक्रोन से कम कण मापवाली अवक्षेपित सिलिका बनाने की विधि का प्रदर्शन 400 कि.ग्रा. स्तर पर मेसर्स कडवानी केमिकल्स लिमिटेड, जामनगर के फैक्टरी साइट पर 19-20 जुलाई 2004 को सफलतापूर्वक किया गया।

**कच्छ के निम्न स्तरीय बॉक्साइट से ज़ियोलाइट संश्लेषण :** कच्छ के बॉक्साइट से ज़ियोलाइट-A बनाने की संभावना के अन्वेषिक अध्ययन हेतु मेसर्स क्यूब मिनरल्स, बरोडा ने CSMCRI को संपर्क किया। आल्कली द्वारा एल्युमिना को निक्षालित करने के लिये तथा निक्षालितक से ज़ियोलाइट-A बनाने के लिये प्रयोगशाला स्तर पर प्रयोग किये गये। निम्न स्तर बॉक्साइट से बनाये गये ज़ियोलाइट-A के इन नमूनों तथा अन्तर्राष्ट्रीय उपलब्ध ज़ियोलाइट-A के गुणधर्मों में काफी समानता पाई गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 39 देखिए।)

## नैनोपदार्थ

**ठोसावस्था अभिक्रियाओं से अतिशुद्ध कैल्शियम कार्बोनेट संश्लेषण :** कैल्शियम क्लोराइड एवम् सोडियम कार्बोनेट के बीच सोडियम क्लोराइड तनुकारी के साथ ठोसावस्था अभिक्रियाओं द्वारा कैल्शियम कार्बोनेट के सब माइक्रान माप के कणों के संश्लेषण के लिये अध्ययन किया गया। नमूनों के विभिन्न समय, 4-12 घंटे, तक बाल मिलिंग के बाद 400° से. पर अभिक्रियायें की गईं। सबमें कैल्साइट फेज बने और प्रयुक्त दशाओं में 200 mm माप के कण बनें।



**बेंटोनाइट मृदा का उन्नयन तथा नैनोमृदा का संश्लेषण :** मृदा उन्नयन प्रविधि को उच्चतम करने के लिये विभिन्न मृदा प्रतिशतों (0.5% 1% 2% 3% तथा 4%) के विलयन बनाये गये। इन नमूनों के मृदा अंश को अवसादन तकनीक द्वारा अलग किया गया और स्टोक्स समीकरण से  $< 2 \mu\text{m}$  माप के कण एकत्रित किये गये। उन्नत मृदा नमूने रासायनिक संघटन द्वारा विश्लेषित किये गये। उन्नत बेंटोनाइट मृदा नमूनों का रासायनिक विश्लेषण तथा धनायन विनिमय क्षमता मापन, मानक विधियों से किया गया। प्रारंभिक बेंटोनाइट मृदा तथा आर्गेनो मृदा का, नैनो संघटकों के लिये, श्वेतता सुधार के लिये प्रयोग भी किये गये। इसके लिये  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; CBD;  $\text{MgCl}_2$  + डाइथायोनाइट; TEOS और सोडियम स्टियरेट पर अध्ययन किये गये। सकरे परास में सुधरे कण माप विभाजन के साथ एक कि.ग्रा. कार्बनिक मृदा, जिसमें उच्च सीमा के 90% कणों की माप 20 माइक्रोन से कम रही, तैयार करके NCL पूणे को बहुलक आमिश्रण अध्ययन के मूल्यांकन हेतु भेजा गया।

**नैनो क्रिस्टलीय ज़र्कोनिया :** सोल ज़ेल विधि द्वारा पृष्ठसंक्रियक सहाय्य जर्कोनिया नमूने बनाये गये। श्रेणीबद्ध अनायनिक पृष्ठसंक्रियक, ट्वीन-20 से ट्वीन-80 तक, बढ़ती हुई हाइड्रोकार्बन चेन की लंबाई के साथ, चेन लंबाई के प्रभाव को जर्कोनिया के गठन के गुणधर्मों पर अध्ययन करने के लिये, बनाये गये। नैनो क्रिस्टलीय (4-6 nm) जर्कोनिया नमूने सोल-ज़ेल विधि द्वारा, नमूनों के अतिक्रांतिक शुष्कन द्वारा बनाये गये। अनेक संश्लेषण प्राचालों, जैसे कि अतिक्रांतिक ताप, pH पूर्वगामी की प्रकृति एवम् सांद्रता, निस्तापन ताप, क्रिस्टली माप तथा जर्कोनिया की मीसोसंरंधता पर अध्ययन किये गये। तुलनात्मक अध्ययन के लिये जर्कोनिया के नमूने उष्मीय शुष्कन विधि से भी बनाये गये। अतिक्रांतिक शुष्कन द्वारा सकरे/अधिक समान संरंध माप वितरित उच्च मीसोसंरंधी नैनो-क्रिस्टलीय (4-6 nm) जर्कोनिया बनें जबकि उष्मीय शुष्कन द्वारा कम/शून्य मीसोसंरंधी बड़े क्रिस्टल मापवाले (13-20 nm) जर्कोनिया नमूने बनें। नैनोक्रिस्टलीय जर्कोनिया (4-6 nm) अतिक्रांतिक शुष्कन विधि से भी बनाये गये तथा क्रिस्टल माप पर विभिन्न प्राचालों का अध्ययन किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 42 देखिए।)

**सल्फेट जर्कोनिया से लांगीफोलीन का उत्प्रेरित समावयवन :** सल्फेटेड जर्कोनिया ठोस अम्ल उत्प्रेरित लांगीफोलीन से आइसो-लांगीफोलीन के समावयवन पर शोध किया गया। ताप तथा लांगीफोलीन/उत्प्रेरक के अनुपात के प्रभाव का अध्ययन विभिन्न समयांतराल के साथ किया गया। इच्छित उत्पाद के लिये 90% परिवर्तन तथा 100% चयनता मिली। समावयवित उत्पाद को पुर्नव्यवस्थित करके, क्रियाधार/उत्प्रेरक की अम्लता को बदलने से टेट्रालीन व्युत्पन्न प्राप्त हुआ। (कैटालिसिस कम्युनिकेशन, 7, 52, 2006)

**नैनोक्रिस्टलीय टाइटेनिया :** सोल-ज़ेल विधि निर्मित नैनोक्रिस्टलीय टाइटेनिया को हवा-प्रवाह में 550-1050 K ताप के बीच विभिन्न तापों पर निस्तापित किया गया। नैनोक्रिस्टलीय  $\text{TiO}_2$  के क्रिस्टलीय संरचना, बैंड-अंतराल तथा आकारिकी का विश्लेषण XRD, DRS, SEM तथा BET विधि द्वारा किया गया। 393K तथा 1023 K पर निस्तापित नैनोक्रिस्टलीय  $\text{TiO}_2$  सतह क्षेत्र क्रमशः  $259 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  तथा  $2 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  थे। ताप बढ़ाने से इस नैनोक्रिस्टलीय  $\text{TiO}_2$  का बैंड घटा। इन उत्प्रेरकों के प्रकाशोत्प्रेरित सक्रियताओं का निर्धारण UV प्रकाश किरणन (1-8 घंटे) में 50 पीपीएम नाइट्रोबेंजीन के अवकर्षण द्वारा किया गया। सभी उत्प्रेरकों द्वारा नाइट्रोबेंजीन के अवकर्षण की प्रारंभिक गति निर्धारित की गई जिसमें से 753K पर निस्तापित उत्प्रेरक ने सर्वोच्च गति दिखाई।

सोल-ज़ेल विधि से मीसोसंरंधी  $\text{TiO}_2$  बनाकर उसमें विभिन्न कार्यकारी संक्रमण धातुओं – Ag, Cu, Co, Fe, Ni, Pd, Mg और Sr का अन्तर्भरण करके उनका विश्लेषण किया गया। धातुओं का अन्तर्भरण DRS द्वारा सुनिश्चित किया गया। जिसमें उच्चतम लाल शिफ्ट 11 nm तथा न्यूनतम 1.5 nm क्रमशः Ni तथा Fe अन्तर्भरित उत्प्रेरकों में पाई गई। मीसोसंरंधी  $\text{TiO}_2$  का सतह क्षेत्र क्रमशः  $38 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  तथा संरंध व्यास 11 nm था। धातु अन्तर्भरित उत्प्रेरकों का सतह क्षेत्र ( $7-13 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ) मीसोसंरंधी  $\text{TiO}_2$  से कम पाया गया। (इंडस्ट्रियल इंजी. केमि. रिसर्च, 45, 5231, 2006)

**स्कंदक के रूप में पाली-एल्युमीनियम क्लोराइड :** उपचरित पानी से भारी धातुएं अलग करने तथा साधारण पानी को उपचरित करने के लिये, पाली-एल्युमीनियम क्लोराइड (KANPAC-10) के स्कंदक/ऊर्णी के रूप में प्रभावी प्रयोग हेतु मूल्यांकन किया गया। यह प्रोजेक्ट मेसर्स कनोरिया केमिकल्स एन्ड इंडस्ट्रीज लिमिटेड, नई दिल्ली (KCIL) द्वारा प्रायोजित किया गया।

### प्रौद्योगिकी हस्तांतरण/वाणिज्यन

**उत्प्रेरित प्रविधि से स्टाइरीन से स्टाइरीन आक्साइड बनाने की प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण :** एक कि.ग्रा. स्तर पर स्टाइरीन आक्साइड स्टाइरीन के इपोक्सीकरण से  $H_2O_2$  को आक्सीकारक के रूप में प्रयुक्त करके, बनाने के प्रविधि ज्ञान के लिए सीएसएमसीआरआई तथा मेसर्स इको-आर्गेनिक्स, रामपुर ने दिसम्बर 2005 में समझौता करार हस्ताक्षरित किये। संक्रमण धातु उत्प्रेरक प्रयुक्त, 98% इपोक्साइड चयनता तथा 98% स्टाइरीन परिवर्तनवाली इस प्रविधि का प्रदर्शन 6-8 दिसम्बर के दौरान किया गया। स्टाइरीन से स्टाइरीन आक्साइड बनाने की प्रविधि मेसर्स इको-आर्गेनिक्स, उत्तरप्रदेश को हस्तांतरित की गई जो सीएसएमसीआरआई के प्रविधि ज्ञान के आधार पर 2 टन प्रतिदिन का प्लान्ट लग रहा है। इस शोध के लिए एक अन्तर्राष्ट्रीय पेटन्ट (यु एस पेटन्ट नं : 7, 235, 676) भी स्वीकृत किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 44 देखिए।)

**एक टन प्रतिदिन किंबरलाइट उपचरित करने के लिये रेनूकूट में प्लान्ट लगाने की सहमति :** सीएसएमसीआरआई, भावनगर, नेशनल मिनरल डेवलपमेंट कोर्पोरेशन लिमिटेड (NMDC), हैदराबाद तथा कनोरिया केमिकल्स एन्ड इंडस्ट्रीज (KCIL), नई दिल्ली ने, 1 टन प्रतिदिन किंबरलाइट को मूल्यवृद्धि उत्पाद में बदलने के प्रविधि के उच्चतम उत्पादन के लिये, त्रिपक्षी समझौता करार हस्ताक्षरित किये।

**नेशनल थर्मल पावर कार्पोरेशन के साथ समझौता करार :** नेशनल थर्मल पावर कार्पोरेशन लिमिटेड (NTPC) ने 24 दिसम्बर 2005 को समझौता करार हस्ताक्षरित किये। इस समझौता करार द्वारा NTPC का अभिप्राय “फ्यूल गैसों से  $CO_2$  के पुनर्प्राप्ति के लिये चयनित अधिशोषकों के विकास” पर शोध करना है।



2

# **POLYMER & MEMBRANE SCIENCE**

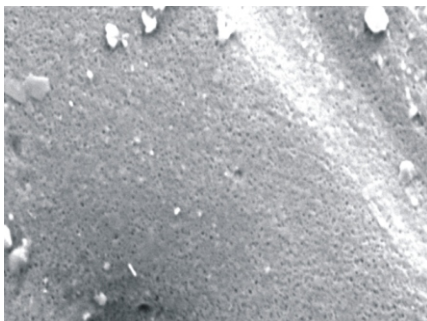
- Reverse Osmosis
- Electromembrane Processes
- Separation Technology



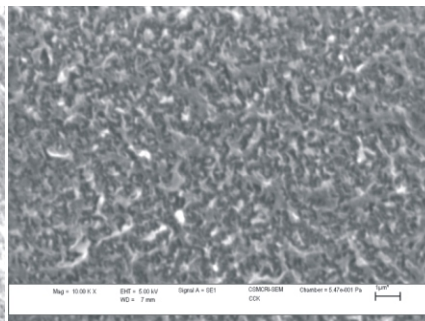
## REVERSE OSMOSIS

Thin film composite membranes obtained by coating polyamide over polysulfone membranes of different pore sizes

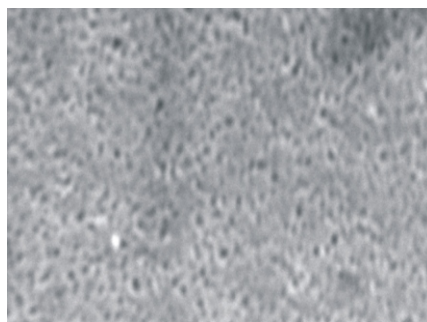
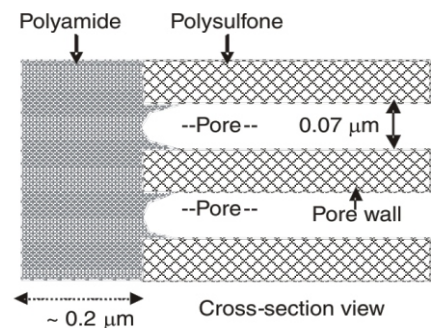
Thin film composite (TFC) RO membranes were prepared by forming polyamide skin layer over two polysulfone membranes having average pore size of  $0.07\mu\text{m}$  and  $0.15\mu\text{m}$ . The former TFC membrane designated as Type 1 showed superior salt rejection efficiency over that found with the latter TFC membrane designated as Type 2 (S/R = 96% for Type 1 vs. 65% for Type 2). ATR-IR studies suggested a two-fold thicker skin layer in Type 1 membranes due to reduced penetration of polyamide into the pores of polysulfone, whereas in the case of the Type 2 membrane the pores are plugged with polyamide but the skin layer was thinner ( $0.2\mu\text{m}$  for Type 1 vs.  $0.1\mu\text{m}$  for Type 2), leading to the possibility of higher degree of defects and, consequently, lower salt rejection efficiency. The higher bulk density of the Type 2 membrane in the IR penetration region accounts for the overall higher intensities of IR signals compared to those observed with Type 1, wherein the IR beam encounters greater degree of voids that yield no signal (*J. Membr. Sci.* 2006, 278, 19-25).



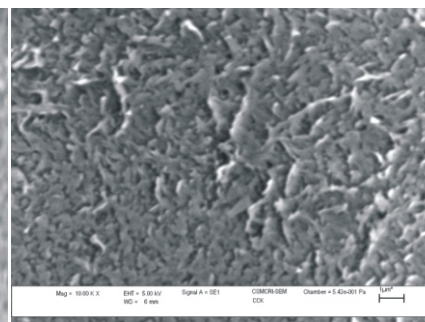
Polysulfone support for Type 1 TFC



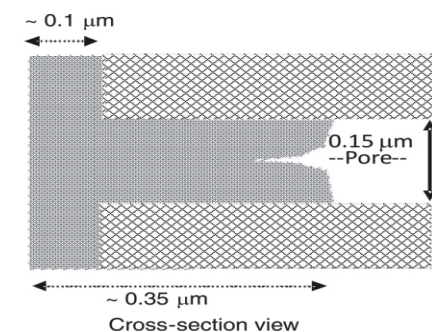
Type 1 TFC  
Type 1



Polysulfone support for Type 2 TFC



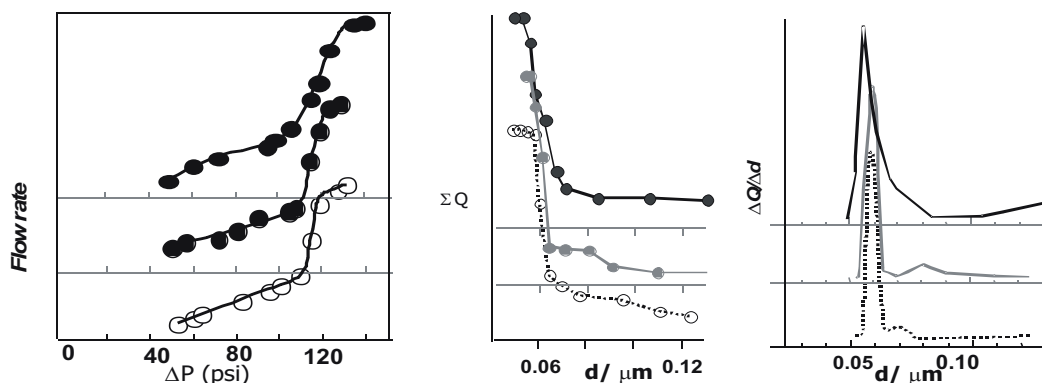
Type 2 TFC  
Type 2



SEM and the conceptualized structure of Polyamide-polysulfone layers for Type 1 and 2 TFC membranes

## Capillary flow porometry and N<sub>2</sub> sorption studies of the pore structure of polysulfone ultrafiltration membranes

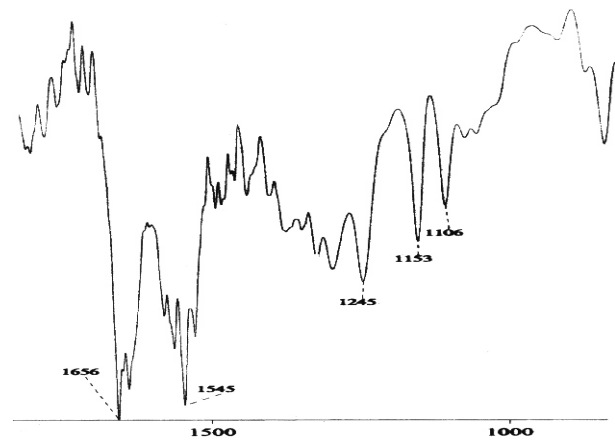
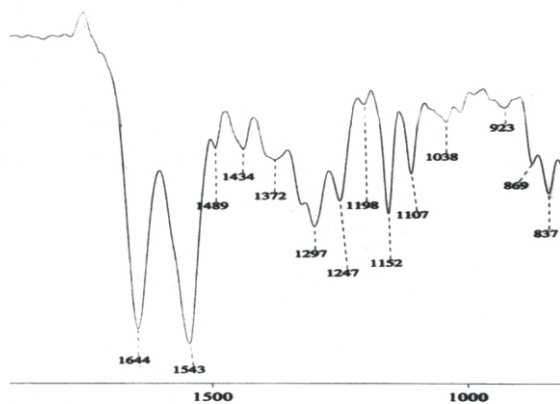
Large-scale polysulfone ultrafiltration membranes were obtained by precipitation of clear polysulfone solutions in a coagulation bath containing appropriate amount of non-solvent water. Pore sizes > 400 Å (0.04 μm) were measured by capillary flow porometry while pores in the range of 4-500 Å were suitably studied by N<sub>2</sub> sorption measurements. The majority of surface pores measurable by the flow porometer experiments are in the range of 500-700 Å (0.05-0.07 μm) having median pore size of about 600 Å though there are some differences in size distribution within that range among the samples, as revealed by flow-pressure curve and filter flow data analysis. The similarity of this surface capillary pores among the samples was also apparent from N<sub>2</sub> sorption measurements where the samples exhibited similar Type IV hysteresis at higher P/P<sub>0</sub> due to capillary condensation and similar cumulative pore volume and area over the pore radii of 20-500 Å. The sorption measurements further revealed the presence of very small pores (ca. 10 Å diameter) in the samples; differences in their sizes and number densities may account for observed permeability differences.



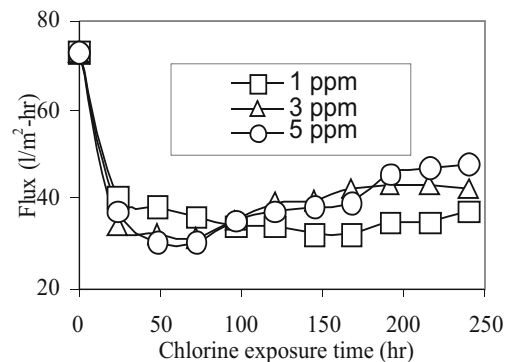
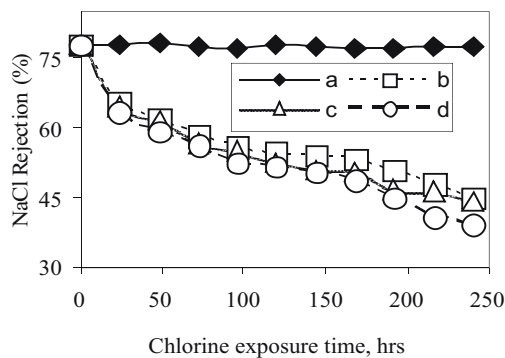
Flow-pressure and flow-pore curves drawn from the porometry experimental data of the samples

## Study of chlorine stability of polyamide thin film composite membranes

Conventional aromatic polyamide TFC membranes are known to be adversely affected by exposure to chlorine, with steep decline in salt rejection efficiency. It has been speculated in the literature that aliphatic amines may alleviate the problem due to reduced vulnerability to ring chlorination of the diamine. To test the hypothesis, a novel composite membrane was made using 1,3-cyclohexanebis(methylamine) and TMC as the salt rejecting ultrathin layer. The composite membrane was exposed to different concentrations (1-5 ppm) of NaOCl for a period of 1-10 days. The membranes were characterized by FTATIR and SEM, and separation performance by permeation tests. The IR spectrum of virgin TFC membrane shows strong amide (C=O stretch) and amide (C-N-H) bands at 1644 and 1543 cm<sup>-1</sup>, respectively, as expected, whereas chlorine-exposed membranes showed a split in both the bands (see Figures below). SEM revealed a change in the surface morphology from smooth granular structure to rough particle structure on exposure to chlorine. Simultaneously, rejection of NaCl and permeate flux were both found to decrease substantially (see Figures). The decrease in performance may be attributed to the conversion of the hydrogen bonding amide NH group to the nonhydrogen bonding NCl group, with concomitant change in the polyamide skin layer chemistry and morphology. The results suggest that performance deteriorates even with aliphatic amines.



IR spectra of virgin and chlorine exposed TFC membranes, a) Virgin TFC and b) 5 ppm Cl<sub>2</sub>, 72 h exposed TFC membrane



Variation of NaCl rejection and flux of the membranes on chlorine exposure. Feed: 2000 ppm NaCl solution. a) virgin, b) 1 ppm, c) 3 ppm and d) 5 ppm chlorine treated membranes.

### Development of high salt rejection composite membrane

In order to develop high salt rejection membranes for seawater desalination to obtain potable water and/or water for agriculture use, polysulfone membranes having different porosities were prepared under different conditions using Hollytex and Nordlys non-woven fabrics. A polyamide skin layer was formed from the interfacial polymerization of *m*-phenylenediamine (MPD) and trimesoyl chloride (TMC) over these polysulfone membranes. The performance of the composite membranes was evaluated at 600 psig for >30% recovery of permeate water from seawater having 30,000-35,000 ppm TDS, and the data obtained are shown in the Table below. The TFC membrane prepared on HT supported polysulfone (PSF) showed higher salt rejection with somewhat lower water fluxes than of the membrane prepared using nordlys-reinforced polysulfone (NR-PSF). However, in both the cases, the salt concentration in the permeate was less than 2000 ppm, indicating that the water can be utilized for agricultural use. TFC membranes were also made on PSF support membranes prepared using different concentrations of polymer to gain insight into the effect of PS supports on salt rejection and water flux performance of samples for seawater desalination. The observed results indicated that the porosity of the PSF support has considerable effect on the structure formation of polyamide skin layer, thus affecting both salt rejection and water flux. This appears to be related to the conclusions from FT-IR studies described above.

## Reverse Osmosis

### Seawater desalination with indigenous TFC membrane

Membrane	Initial Feed TDS (ppm)	Reject TDS (ppm)	Permeate TDS (ppm)	Flux Liters/ m <sup>2</sup> -hour
Hollytex-TFC	30,000	49,000	1050	18.7
Nordlys-TFC	35,000	50,000	1860	27.2

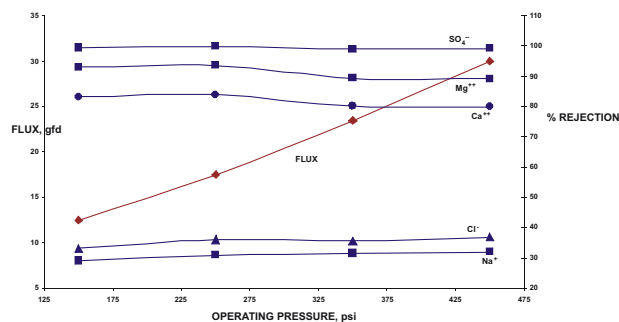
600 psi pressure; 30% recovery

### Development of Nanofiltration membrane

Nanofiltration membranes are of great interest for diverse applications, including water softening and dye removal. TFC membranes themselves can function as nanofiltration membranes when the structure of the polyamide layer is varied. In particular, NF membranes have been prepared in the literature using piperazine as the amine source. We have undertaken a systematic study to identify optimum process parameters to obtain membranes having maximum differential of selectivity between divalent and monovalent ions. The performance of the membranes has been tested in different single as well as mixed electrolyte solutions (see Table below). As can be seen, divalent ions were rejected selectively. It is believed that the higher rejection of sulphate is on account of Donnan exclusion while the higher rejection of divalent cations is due to their higher degree of solvation leading to much larger effective cationic sizes. Variation of selectivity and flux with operating pressure was also studied and it was found that whereas flux increases steeply with pressure, there is only marginal effect on rejection selectivity. Efforts are underway to scale up the membrane production so as to achieve consistent results.

### Performance of nanofiltration membranes

Ions	Sea water			Brackish water		
	Feed conc. (ppm)	Permeate conc. (ppm)	% R	Feed conc. (ppm)	Permeate conc. (ppm)	% R
Na <sup>+</sup>	6736	4782	29.0	790	529	33.0
Cl <sup>-</sup>	14466	9673	33.1	1508	752	50.1
Ca <sup>++</sup>	769	124	83.8	136	15	89.0
Mg <sup>++</sup>	964	80	93.1	84	6.6	92.1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2457	13	99.5	352	2.4	99.3



Variation of Flux and % Rejection with Pressure Measured for indigenous NF membrane

### Spiral module rolling facility

CSMCRI is developing the full facility for spiral rolling of 2" to 8" dia. and up to 40" long modules. We have already established membrane rolling machine and module testing machines. Some of the machines like ultrasonic welding m/c, trimming m/c, spacer cutting m/c, hard wrapping m/c etc. are being added.



Spiral module rolling unit



8040 spiral module rolled at CSMCRI

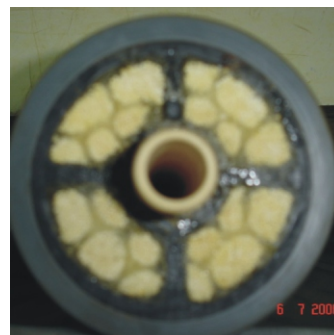


## Hollow Fiber Membrane Technology

The Institute initiated work on the development of hollow fiber membrane. Necessary infrastructure for spinning hollow fiber having 1.0 to 2.0 mm OD and 0.7 to 1.5 mm ID has been created, as shown below. Polysulfone hollow fiber membrane having mean pore diameter in the range of 0.065 to 0.08 $\mu$ m has been made through wet phase inversion process and hollow fiber cartridge of 3" diameter x meter length accommodating 1400 fibers has also been fabricated.



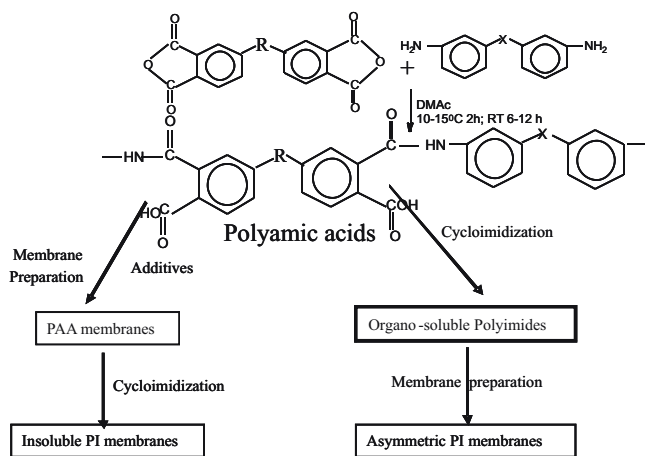
Hollow fiber spinning machine



Hollow fiber cartridge

## Synthesis and development of polyimide membranes for organic solvent separation

A major advancement in membrane technology is the development of solvent resistant membranes. Such membranes could have diverse applications in petrochemical industry, chemical processing and solvent recovery following extraction processes. Novel organosoluble film forming polyimides were synthesized in two steps using commercially available monomers. In the first step, polyamic acids were prepared by polycondensation of dianhydride with diamine in a suitable solvent under optimum reaction conditions. The polyamic acid solution was then converted into polyimide. The polymers were characterized by various instrumental techniques. Two classes of solvent resistant polyimide membranes were prepared. In the first type, the polymer is insoluble in almost all organic solvents whereas in the second type, the membranes are resistant to solvents used in specific applications. The second class of membranes were evaluated for low temperature (-15 to -20 $^{\circ}$ C) recovery of toluene and methyl ethyl ketone (MEK) from lube oil mixture (solvents: lube oil = 70:30 in the mixture). The laboratory experiments showed that the permeate with about 95% solvents (toluene and MEK) and about 5% lube oil and solvent flux of 7-8 gfd could be obtained at the operating pressure of 550-600 psi. 2"x12" size modules were fabricated from the membrane and their performance was evaluated.



Scheme for the preparation of polyimide membranes



Low temperature performance of polyimide membranes

Membrane preparation condition	Feed concentration (%)		Permeate concentration(f%)		Flux, gfd	R (%) Lube oil
	Lube oil	Solvents	Lube oil	Solvents		
Polymer + Solvent	32	68	29	71	20.7	9.4
	32	68	28	72	16.9	12.5
	28	72	24	76	16.4	10.7
Polymer, Solvent + THF	30	70	20	80	12.9	33.3
	31	69	20	80	9.4	35.5
	36	64	24	76	14.8	33.3
	35	65	24	76	15.6	31.4
Polymer, Solvent, THF + PEG-600	31	69	15	85	8.3	51.6
	29	71	13	87	7.1	55.2
	30	70	14	86	6.7	53.3
	28	72	12	88	7.7	57.1
Polymer, Solvent, THF, Maleic acid	30	70	5	95	8.2	83.3
	33	67	5	95	6.9	84.8
	32	68	6	94	8.1	81.3
	30	70	3-4	97-96	5-6	87-90

Ultrapure water system

The institute has developed a low cost ultrapure water system (shown in the Figure) by combining RO and ion-exchange resin processes. The system consists of a diaphragm pump, sediment filters, carbon filters, RO module, resin columns and different sensors. The unit produces 8-12 LPH water having >18.2 MΩ resistivity and <10 ppb TOC from raw water with 1000 μs conductivity. The resin need to be regenerated after producing about 500 liters product water. Presently, the institute is working on the development of EDI unit which would enable in situ generation of resin and allow for production of water with >10 MΩ resistivity as required in most of the applications. It is proposed to fabricate a scaled up version as well.



Ultrapure water production unit

Design and Development of 1000 LPH 2-stage seawater RO desalination plant

Although seawater desalination is conventionally done the world over with seawater membrane modules at high pressure and in a single step, it was felt that lower pressure operation with brackish water membrane modules in two stages may be a better option for villages. Such a plant would have the advantage of using less expensive hardware and, consequently, lower capital cost. Moreover, lower pressure operation would be a safer option in a village environment and there would be the further advantage of greater flexibility of operation, i.e., the ability to tolerate changes in the seawater TDS which was found to vary from 28,000 to 40,000 ppm depending on the season. Results obtained on a prototype unit with sequential 2-stage operation using the same set of modules were reported in the previous Biennial report.

An improved version of the unit, with synchronized 2-stage operation, was subsequently designed to produce ca. 1000 LPH product water with TDS in the range of 400-800 ppm. By recycling all of the second stage reject water into the first stage it is possible to realize overall recovery as high as 45% w.r.t. the seawater drawn in. Another notable feature of the plants is that no chemical is used for pretreatment of seawater other than alum.



Water being drawn from sea



RO Water being collected by people

Synchronised 2-stage RO plant installed at Mullimunai village, Tamil Nadu

**Feed and product water analysis for Mullimunai 2-stage seawater RO plant**

Source			Sea Water	Product Water
Date of collection			21.12.2006	21.12.2006
Parameters	A	B		
Appearance			Clear	Clear
Colour		25		
Odour/ Turbidity-NTU	Unobjectionable 2.5	10	None 2	None 1
Electrical conductivity mcs/cm			41,700	580
TDS	500	2000	29190	400
Suspended solids, pH	6.5	9.2	8.1	8.9
Alkalinity as CaCO <sub>3</sub>	200	600	170	36
Total hardness as CaCO <sub>3</sub>	20	600	5900	65
Calcium as Ca	75	200	720	12
Magnesium as Mg	30	150	984	8
Total iron as Fe	0.1	1.0	480	3
Free ammonia as NH <sub>3</sub>			0	0
Nitrite as NO <sub>2</sub>	45	45	0	0
Nitrate as NO <sub>3</sub>				
Chloride as Cl	200	1000	15300	180
Fluoride as F	1.0	1.5	1.4	0.2
Sulphate as SO <sub>4</sub>	200	400	998	0
Phosphate as PO <sub>4</sub>				0
Tidy's test 4 hrs. , as O <sub>2</sub>			1.4	0.52

A=Desirable B=permissible

### Regeneration and reuse of discarded RO modules

A large number of RO modules get discarded each year once they cease to perform satisfactorily in highly demanding environments such as in industrial RO plants and single stage seawater desalination plants. Around 100 such discarded 8” RO modules were provided by M/s CPCL. Several of these modules were found to be in good condition while some were beyond use. There were many in between whose performance could be revived to some extent through suitable chemical treatment. The nature of treatment varied depending on the kind of fouling observed. Nearly 25 modules were returned to CPCL after regeneration while a sizable number were utilized in various societal mission activities; especially less demanding applications such as brackish water treatment and seawater desalination through 2-stage process. Use of such regenerated modules is seen to be a highly cost-effective option while, at the same time, mitigating the problem of waste management. Data on a few representative modules are provided below.

Performance of discarded RO modules before and after chemical treatment

Sr. No.	Permeate Rate Lit./Min		% SR	
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment
1	4.8	5.6	84.0	91.0
2	12.0	12.8	88.5	91.5
3	16.0	16.0	55.0	73.9
4	13.6	14.4	94.4	94.6
5	12.0	12.6	86.9	90.9
6	8.0	12.0	92.3	95.0
7	8.0	11.5	90.0	93.1

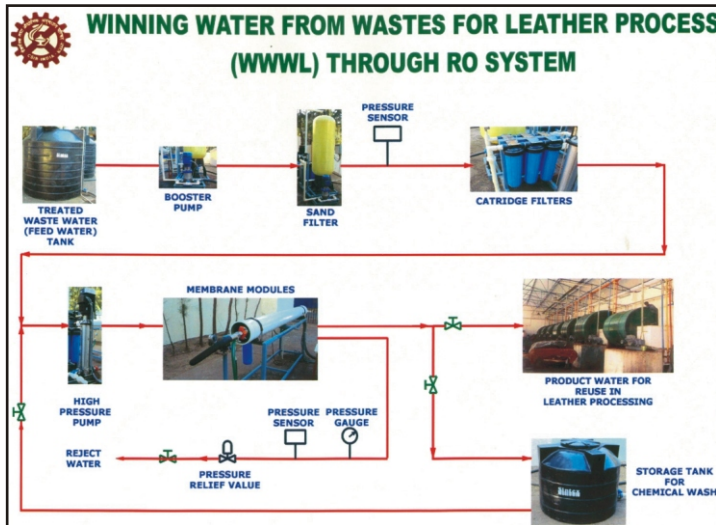
### Flux enhancement of thin film composite RO membrane by controlled chlorine treatment

It has been reported earlier that exposure to chlorine can adversely affect the structure and performance of TFC membrane. However, it has also been observed that short term (minutes) exposure to chlorine can improve the performance of fouled membranes, especially the flux. Chlorine-containing solutions were made with sodium hypochlorite in different pH buffers. Spiral wound TFC membrane modules were also similarly treated under controlled conditions. The results obtained are provided in the accompanying table. It has been concluded that chlorine treatment is a risky proposition may be useful in extreme cases when a module is beyond regeneration by other methods.

	Chlorine concentration (ppm)	Exposure time (minute)	Exposure level (ppm-hour)	Solute rejection (%)	Flux (cubic meter/square meter. day)
pH=8.5	Nil	Nil	00	92.375	3.30
	4000	15	1000	82.50	3.44
	4000	30	2000	85.89	4.67
	4000	45	3000	85.61	4.67
pH=10.0	Nil	Nil	00	81.14	1.20
	4000	15	1000	88.56	2.14
	4000	30	2000	95.13	1.42
	4000	45	3000	88.73	1.22
pH=12.0	Nil	Nil	00	81.14	1.20
	4000	15	1000	83.77	1.61
	4000	30	2000	78.22	2.15
	4000	45	3000	87.64	1.20
pH=12.7	Nil	Nil	00	92.38	3.30
	4000	15	1000	86.38	4.08
	4000	30	2000	85.82	4.54
	4000	45	3000	91.53	3.30

## Sewage water conversion to process water in leather industry

Under the CSIR network project on environment friendly leather processing technology, we have installed an advanced integrated RO system at Central Leather Research Institute, Chennai. A hollow fibre-based pretreatment system will be installed in the plant as soon as it is developed.



RO plant for the treatment of sewage water at CLRI Staff quarter campus, Chennai

## Desalination of saline lignite mine water in Nagaur, Rajasthan

Rajasthan State Mines & Minerals Ltd (RSMML) encountered a complex problem of highly saline (7000-11000 ppm) ground water during exploratory mining in their Matasukh and Kasnau lignite mines in Nagaur district. It is projected that as much as 50-100 MLD of water may be produced once the mining operation is in full swing. To convert the problem into an opportunity, it was proposed by the Institute that a 2-stage RO plant could be set up to recover as much as 75-80% of the water in the form of either drinking water or irrigation water while the reject water which would have seawater-like salinity could be utilized for production of salt. RSMML viewed the proposal enthusiastically and CSMCRI set up its indigenously developed 2-stage RO plant at the mine site at no cost to the company. If only 1-stage operation is undertaken the plant produces agriculture water @ 3000 lph with 78% recovery. Depending on requirement of drinking water, the second stage unit is operated. Following successfully commissioning of the plant and confirmed smooth operation over extended periods, RSMML purchased the unit and subsequently issued a tender for a 20MLD plant in the first phase.



Water being used for irrigation





### RAJASTHAN STATE MINES & MINERALS LIMITED (A Government of Rajasthan Enterprise)

Corporate Office:  
4, Meera Marg, Udaipur - 313 004, INDIA  
Tel: +91-294-2528681-5, 2527379, Fax: +91-294-2523170, 2527207  
E-mail: [rsmml@sancharnet.in](mailto:rsmml@sancharnet.in),  
[info@rsmml.com](mailto:info@rsmml.com) <http://www.rsmml.com>

No. RSMML/CO/Projects/2006/

Dated : 31<sup>st</sup> July, 06

#### Notice Inviting Expression Of Interest

Notice Inviting Expression of Interest (EOI) for "Setting up of Desalination facility of 20 MLD of Brackish Water coming out of the Lignite Mine at Matasukh, District Nagaur, Rajasthan, for its effective utilization in the local areas for Drinking Water Purposes".

Rajasthan State Mines and Minerals Ltd. (RSMML) is the largest producer of high-grade rock phosphate in India. The Company also produces steel grade limestone for all major steel plants and supply almost three million tonnes of gypsum to the cement and agriculture sectors. RSMML is the pioneer in lignite mining in the state and caters to a section of industries engaged in power, chemicals, processing etc. to the tune of 5 lakh tonnes a year. A lignite based thermal power plant is coming up shortly at Gical which will use 1 million tonnes of lignite mined.

While mining lignite at Matasukh Kasnau, in Nagaur (about 220 KM NW of Jaipur), the company encountered a huge aquifer under pressure at a depth of 60 meters, capable of producing considerable amount of brackish water. The Company has adopted a mining system after thorough studies conducted by NLC and CMPDIL, Ranchi.

The Company intends to desalinate the brackish water, coming out of the mine, for effective utilization of water resources in the local areas for drinking water purposes. RSMML is running a pilot desalination plant at Kasnau for last several months under the technical assistance from CSMCRI, Bhanuagar. The Company wants to install desalination facility having a capacity of 20 Million Litres per Day (MLD) to begin with on BOOT basis for at least 15 years. The treated water conforming to WHO standards will be supplied to the water deficient villages in & around Nagaur. The payment shall be based on the water processed & supplied at ex works. Water distribution will be the responsibility of RSMML in association with local authorities and PHED.

The Company will provide land and all other assistance for putting up the project at the mine site. 11 KV HT power line is available at the mine site. The BOOT operator/s will be responsible for putting up the desalination facility with all allied infrastructures like water storage etc. The operator will be solely responsible for Design, Engineering, and procurement etc of the desalination facility. Part of the water may be used by the operator for value addition like bulk supply of R.O. water to the consumers on commercial scale to reduce the cost of operation. Typical Analysis of water sample is given below:

Total Dissolved Solids (mg/l) – 12600, Chloride – 6014, Total alkalinity – 349, Total hardness – 2040, Calcium hardness – 350, Magnesium hardness – 1690, Temporary hardness – 349, Permanent hardness – 1691, Silica (as SiO<sub>2</sub>) - 0.5, Dissolved iron - <0.1, Sulphate (as SO<sub>4</sub>) - 723.

The competent & interested parties are required to send their proposals on their letter head so as to reach us latest by 31<sup>st</sup> August 2006. The proposal will be evaluated on technical competency, work experience, economics of location, implementation schedule etc. The decision of the company on the suitability of an offer shall be final.

For further information, please contact:

Group General Manager (Projs)

### Solar power operated community RO desalination unit

Following the previous success achieved in developing a solar-powered domestic (10-12 LPH) RO unit, the institute entered into a collaboration with the Social Work and Research Center, Tilonia, Rajasthan, for development of a community scale unit. Accordingly, a 700 LPH unit was installed this year in Rajasthan to produce drinking water from brackish water containing excess fluoride, where the electricity to power the unit is generated by 2.5 kW solar panels. This is the first community scale solar powered unit to be set up in India.

Solar powered RO desalination unit producing  
700 LPH pure water





### Boat mounted RO desalination unit for treatment of highly saline river water

The institute has developed and installed a barge mounted RO desalination unit. The unit produces about 150 liters/h potable water in 2-stage desalination process from feed water having salinity of about 25000 ppm while the boat is in movement from one place to another place in the river. The pretreatment for this RO unit contains SS 316 micron filters which can be washed easily.



Barge mounted RO desalination unit installed in West Bengal

### Development of high pressure pump for higher recovery in domestic RO applications

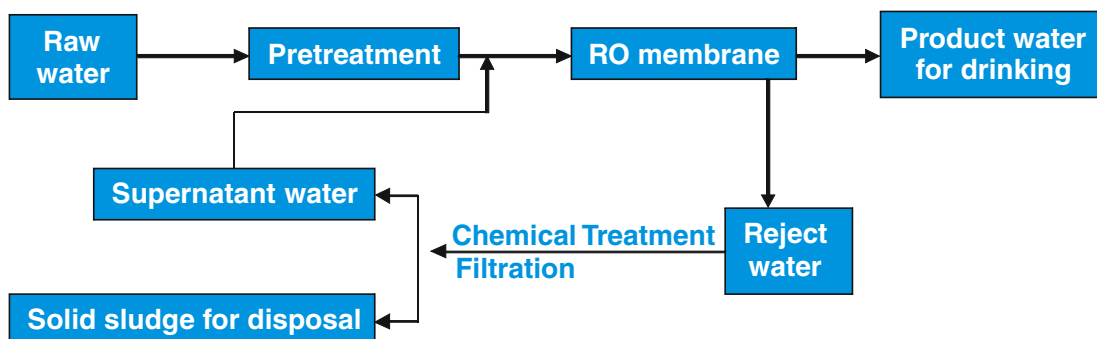
Domestic RO desalination units contain a small pump which can be operated up to 70-100 psi with a recovery of 10-15% for brackish water having salinity of about 2000 ppm. It was felt that the pump which can be operated up to 200 psi is desirable for higher recovery and for the desalination of brackish water containing salinity up to 5000 ppm. Accordingly, a compact high pressure pump was designed and fabricated. The performance of the pump was evaluated for desalination of 5000 ppm saline water at 200 psi. Product rate of 12-15 lit/hr with 30% recovery was obtained. It is expected that the unit may be mass produced at <Rs 10,000 per unit. Efforts are also underway to improve the robustness of the pump for longer duration of operation and to produce a domestic seawater treatment unit.



High pressure domestic RO desalination unit

### Process development for safe disposal of RO reject water containing fluoride

Although RO is the best option to obtain safe drinking water from the water containing both salinity and fluoride, disposal of reject water which contain high concentrations of fluoride should be addressed properly. Accordingly, a simple and cost effective coagulation cum precipitation process was developed for the treatment of RO reject water containing fluoride up to 20 ppm. The fluoride was precipitated out to discharge as low volume solids (see table below) and thereby making the process simple. Flow diagram explains the reject water treatment scheme applied for fluoride removal from concentrate stream.



Flow diagram for RO desalination and treatment of fluoride containing reject water

## Reverse Osmosis

### Results of RO desalination cum defluoridation experiments with indigenous 4040 module Module: M-29 TFC; 93% SR & 4.5-5.0 LPM

Parameters	Experiment- 1	Experiment-2
Feed solution	2000 ppm NaCl + 5.1 ppm Fluoride	2000 ppm NaCl + 5.5 ppm Fluoride
Feed volume, liters	150	1800
Permeate volume, liters	105	1350
Reject volume, liters	45	450
Operating Pressure, psi	200	300
Operating time	25 min	5 hr
Recovery (%)	70	75
Permeate, TDS, (ppm) (based on conductivity)	200-220	220-250
Fluoride in permeate, (ppm)	0.25	0.3
Fluoride in reject (ppm)	17	20
Fluoride in supernatant reject after chemical treatment	0.05 & 0.039 ppm after 3 & 20 hrs, respectively	0.03-0.04 ppm

Reject water was treated chemically to remove fluoride in the form of solid sludge

### Improved Herbal Concentrator

RO membrane based improved Herbal Concentrator is developed and supplied to several bio-technology laboratories for its application in dewatering of aqueous herbal extract to give >75% recovery. Unit operates at 70 to 80 psi pressure at the water removal rate of 3 to 5 lit/hr. Unique features of the system is automatic flushing of membrane module at regular intervals to minimize concentration polarization effect, and membrane fouling.



### Activities under societal mission

The Institute has designed, fabricated and installed 15 RO desalination plants (see table below) in different places where there was a great demand for safe drinking water. The cost of the plants has been borne largely by DST, New Delhi with partial support from the District Collectorate and local organizations.



Inauguration of RO desalination plant by Mr M S Jamwal, Group Captain and Station commander, Air Force Base, Utarlai (Rajasthan).

RO desalination plants installed by CSMCRI during 2004-2006

Sr. No.	Location of Plant	State	Sponsor	Capacity LPH	Year	Feed water salinity (ppm)
1	Akkarapattai, Nagapattinam Dist.	Tamil Nadu	CSIR	2000	2005	6,000
2*	Hasnabad	West Bengal	PHED	700	2005	3200
3*	Jaisalmer	Rajasthan	RSMML	700	2005	3000
5	Barmer	Rajasthan	DST	2500	2005	3,000
6	Andaman Nicobar Island	Union Territory	CSIR	1000	2005	3,500
7	Campbell Bay Island	-do-	CSIR	1000	2005	12,000
8#	Nelamudur, Ramanathapuram, Dist	Tamil Nadu	DST & DC	1000	2005	Seawater
9#	Mullimunai, Ramanathapuram, Dist	Tamil Nadu	DST & DC	1000	2006	Seawater
10#	Thirupalikudi, Ramanathapuram, Dist	Tamil Nadu	DST & DC	1000	2006	Seawater
11#	Karankadu, Ramanathapuram, Dist	Tamil Nadu	DST & DC	1000	2006	Seawater
12	Dwarka	New Delhi	Society	2500	2006	2500
13	Surat	Gujarat	DST	2500	2006	4500
14	Abadkuliadanga	West Bengal	PHED	2500	2006	15000

(2) Oxen, (3) Camel; # 2-stage desalination plants;

After tsunami struck the Andaman & Nicobar islands, most of the wells and drinking water supplies had been rendered non-usable as they were contaminated with seawater and sediments made the water not suitable for drinking. In such a situation, CSMCRI has designed, fabricated and installed RO desalination plants at three different places.

**Tamilnadu Water Supply and Drainage Board**  
District Water Testing Laboratory - Nagapattinam

From: B. Karthikeyan, M.A. B.Sc. B.Ed.,  
Junior Water Analyst/TWAD Bd.,  
District Water Testing Laboratory,  
North Palpannaichav,  
Nagoor - 611002.  
Phone: 251011. Email: Nagailsb@sanchernet.in.

To: The Executive Engineer,  
TWAD Board,  
RWIS Division,  
NAGAPATTINAM

L.No. 12889-90/LW/AN/GI/2004-05 dated 12.01.2005

Sub: Examination of water samples for Potability - Report sent reg.  
Ref.

Date of Collection	12.01.2005	Date of Receipt	12.01.2005
Lab No.	18689	18690	18690
Location	CSMCRI Plant	Akkarapattai	Akkarapattai
Habitation	Nagapattinam	Nagapattinam	Nagapattinam
Panchayat			
Union			
Code No			
Source	Treated Water	Open Well	

PHYSICAL EXAMINATION	A	B	Treated Water	Open Well
	Colourless & Clear	Colourless		
Appearance	Unobjectionable	None	0	Slight Turbid
Occur	1	10	0	0
Turbidity NTU	500	2000	362	5635
Total Dissolved Solids mg/L	...	...	545	8090
Electrical Conductivity microhm				
CHEMICAL EXAMINATION				
pH	7.0-8.5	6.5-9.2	7.1	7.4
Alkalinity (Pho)	...	...	0	0
Alkalinity (Total) as CaCO <sub>3</sub>	200	600	28	380
Total Hardness as CaCO <sub>3</sub>	200	600	20	1140
Calcium as Ca	75	200	2	218
Magnesium as Mg	30	150	3	144
Iron as Fe	0.1	1.0	0	0.3
Manganese as Mn	0.05	0.5	0	0
Free Ammonia as NH <sub>3</sub>	...	...	0	0.3
Nitrite as NO <sub>2</sub>	...	...	0	1.2
Nitrate as NO <sub>3</sub>	45	100	2	18
Chloride as Cl	200	1000	160	2320
Fluoride as F	1.0	1.5	0.0	0
Sulphate as SO <sub>4</sub>	200	400	4	455
Phosphate as PO <sub>4</sub>	...	...	0.2	1.8
Tidy's Test 4 Hrs as "O"	...	...	0.40	2.00
Residual Chlorine	...	...	0.5	0
BACTERIOLOGICAL EXAMINATION				
Fecal Coliform	0/100ml	0	0	0

RESULT: Sample No 18689 Treated Water Potable  
Sample No. 18690 Open well Water is Not Potable

Junior Water Analyst/TWAD Bd.,  
District Water Testing Laboratory,  
Nagapattinam

NOTE: A - CPHEEO Standards - Desirable Limits B - CPHEEO Standards - Cause for Rejection when exceeds. Results are expressed in mg/l. Acceptable limit for Mg can go upto 125mg/l, when as



2000 LPH RO plant installed at Akkarapattai village of Nagapattinam District, Tamil Nadu.



Campbell Bay (Great Nicobar)



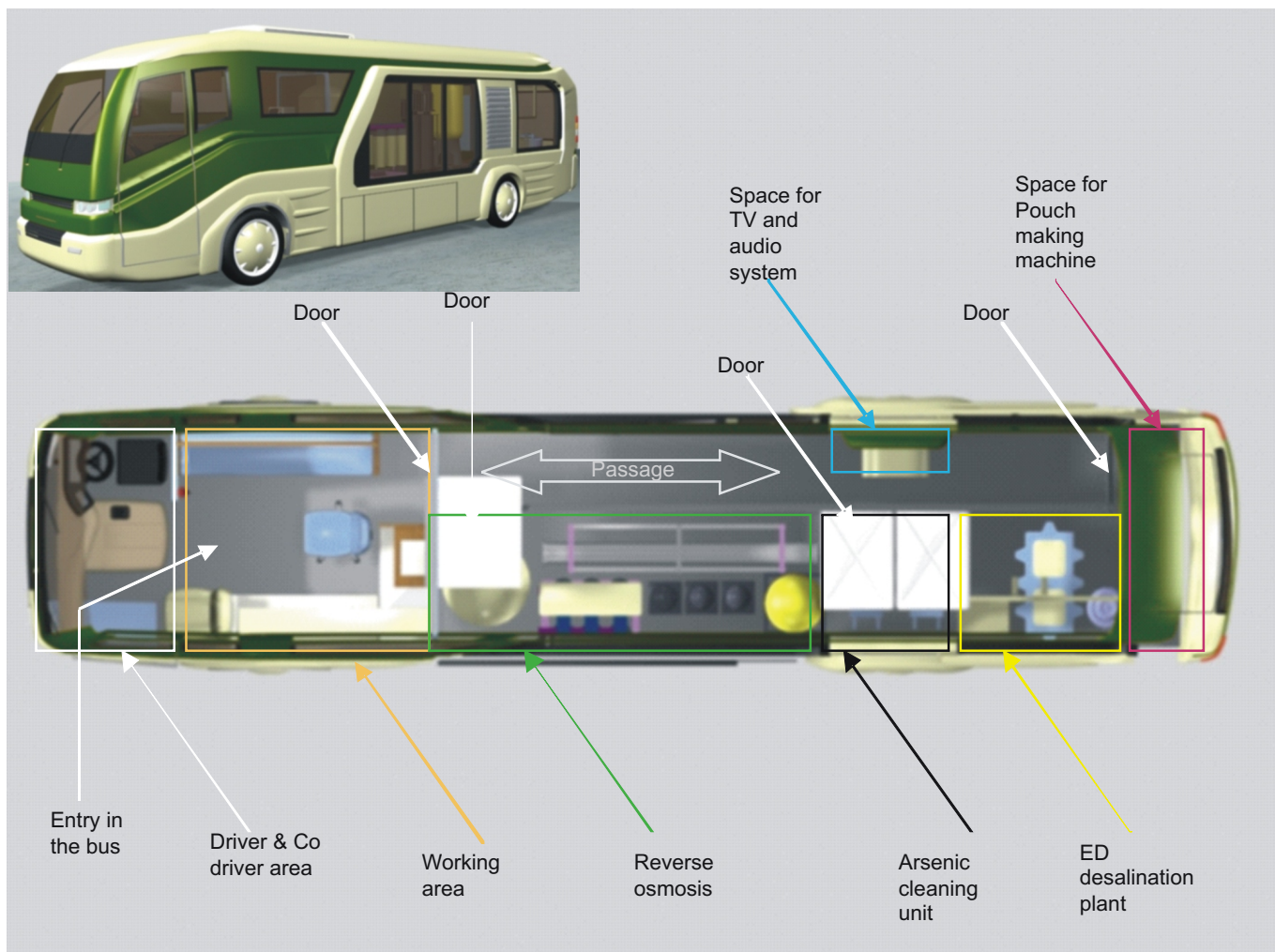
Car Nicobar Island January 2005



## Reverse Osmosis

### Mobile Water Purification Units-cum-Exhibition

CSMCRI has continued to play a laudable role in providing water to the needy in the aftermath of natural calamities such as the Orissa supercyclone, Kutch earthquake and Asian Tsunami. With a view to ensure rapid deployment of the units, a mobile van has been designed which will be equipped with the institute's water purification units (RO, ED and resin-based purification) to treat different types of water from seawater to water containing harmful impurities such as arsenic and fluoride. It is hoped that the van will help spread awareness of the indigenous technology besides its role in disaster management. The units will run utilizing the power from the engine of the van and solar panels will be fitted on the roof to carry out solar-powered water purification as well.



### Waste heat augmented solar desalination of brine

Lack of drinking water is a serious problem that confronts the people working in salt farms. Besides, there is no power supply in salt works located in remote areas such as the Little Rann of Kutch. CSMCRI has embarked on a project to utilize the waste heat from diesel engine pump sets used in salt works to produce potable water from brine. Accordingly, a unit was designed and fabricated to cater to the needs of 10-20 people. Such units can be replicated in different salt works.

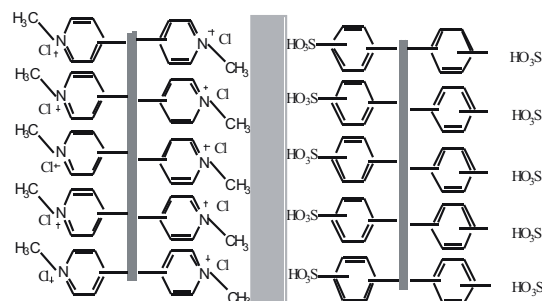


Waste heat augmented solar still in the CSMCRI salt farm

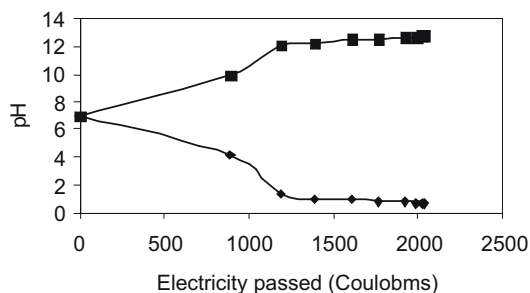
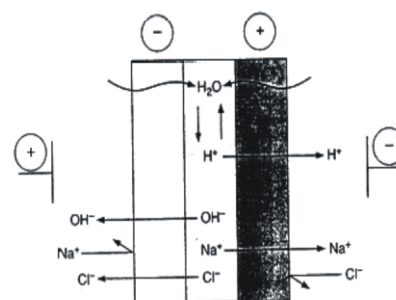
## ELECTROMEMBRANE PROCESSES

### Preparation of Bipolar membranes by non-conventional route

Attempts were made to prepare bipolar membranes by surface modification of interpolymer of polyethylene-styrene divinylbenzene cation-exchange membrane with sulphonic acid functional group. Surface of the cation-exchange membrane was activated by treating with a transition metal salt solution. A solution of poly(4-vinyl pyridine) was prepared in tetrahydrofuran by radical polymerization of 4-vinyl pyridine in the presence of benzoylperoxide and a commercially available epoxide as the binder. Desired thickness of this polymeric solution was coated on the activated surface of cation-exchange membrane and cross linked by thermal treatment. Water splitting experiments using this bipolar membrane were performed with sodium chloride, sodium formate, sodium sulfate, sodium lactate, calcium lactate, ammonium lactate etc. solutions under different experimental conditions and different parameters such as power consumption and current efficiency. These membranes were behaved properly but salt leakage was significant. Trials are in progress to reduce the salt leakage by optimization of anion-exchange layer thickness and ion exchange capacity of both the layer separately. These membranes are stable in highly acidic or basic solutions.



Schematic structure and interfacial layer of bipolar membrane



Variation of pH of acid and base compartments during electro dialysis with bipolar membrane using 5000-ppm NaCl at 6 V/cell triplets applied potential

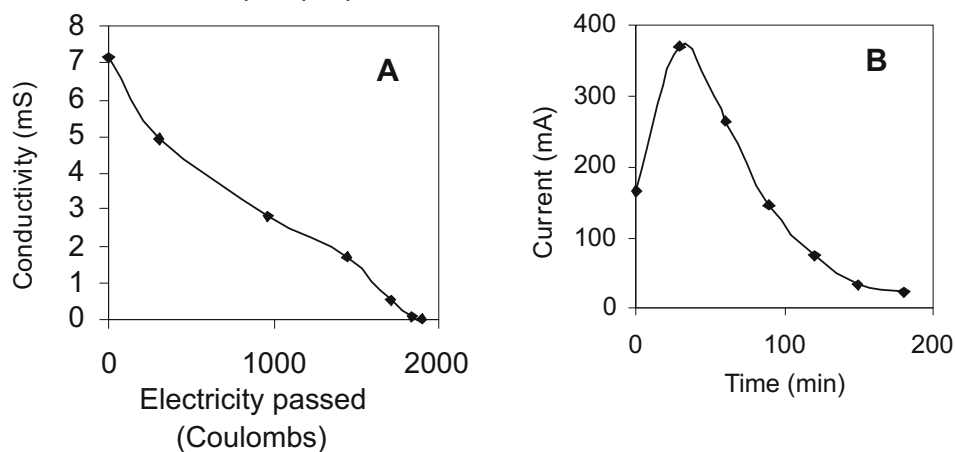


## ElectroMembrane Processes

The bipolar-ED process uses ion-exchange membranes to separate and concentrate the acid and base constituents from a salt stream. The key element in this electrochemical process is the bipolar membranes. Bipolar membranes are a special type of layered ion exchange membrane. They consist of two polymer layers carrying fixed charges; one is permeable for the anions and the other for cations. Actually, unlike with membranes used for separation purposes, nothing should be transported from one side to the other. The desired function is a reaction in the bipolar junction of the membrane where the anion and the cation permeable layers are in direct contact: water is split into hydroxide ions and protons by disproportionate reaction. The produced hydroxide ion and proton are separated by migration in the respective membrane layer out of the membrane. Unlike water splitting at electrodes during electrolysis, no gases are formed as a side product to this reaction, nor gases used up.

Under various electrolytic and electrical environments, studies on the performance of developed bipolar membrane have been carried out. It was found that about 80% of electrolyte could be converted into equivalent acid and base with purity about 60 to 70% (depending on electrolyte concentration and applied potential). Energy consumption and current efficiency were found to be varying in between 2.0-5.0 KWh/kg (of salt splitting) and 50 to 70%, respectively under moderate electrolytic environment. Particular, at relatively higher electrolyte concentration, enhanced salt diffusion was observed, which reduces the acid purity as well as increases energy consumption of the process.

Although adhesiveness of cation-exchange membrane with coated anionic layer was excellent but the difference of ion-exchange capacities of both is responsible for the observed salt diffusion. Trial experiments are in progress to optimize the thickness of coated layer as well as charge density over cation-exchange layer for their highest water splitting performance. To move towards a mature technology, the above said optimization studies together with the other limitations of the bipolar membrane have to be addressed. To overcome the challenging limitations, the influence of each parameter on the process performance needs to be evaluated and their origin needs to be understood for the possibility of their elimination or minimization. Therefore, the understanding of the process as well as the membrane materials and the membrane transport properties are essential.

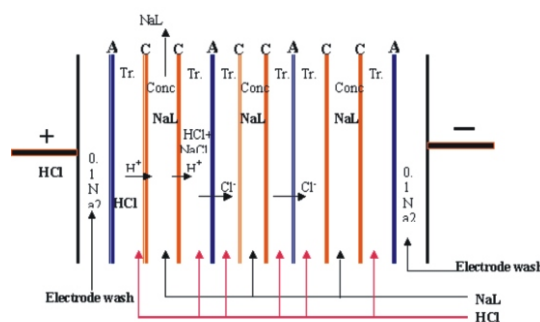


Typical variation of conductivity of salt stream and current with coulombs and time, respectively during ED with bipolar membrane in 5000 ppm NaCl solution

### Separation of lactates from fermentation broth and their conversion to lactic acid

Under NMITLI project sodium/ammonium/calcium lactates were separated from the respective fermentation broth by electro dialysis. Under different experimental conditions 92-95 % ammonium lactate, 87-90 % sodium lactate and 75-80% calcium lactate could be separated from the fermentation broth.

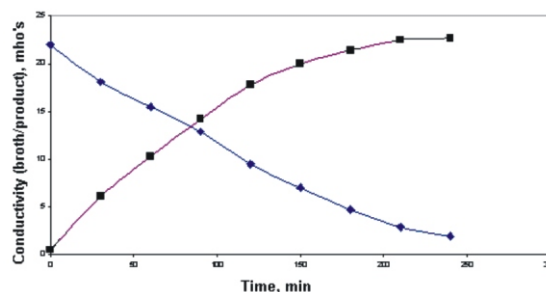
Based on the experimental data collected at CSMCRI, Bhavnagar, one lab scale and a pilot plant ED units were supplied to NCL, Pune, for conducting more trials with different fermentation broth.



Lactate conversion to lactic acid by ED

### Conversion of Lactates into Lactic acid.

Generally lactic acid is prepared from lactate salts using bipolar membranes. Due to high cost and rare availability of bipolar membranes a new method known as Ion Substitution Electro dialysis (ISED) was adopted using interpolymer monopolar membranes. More than 95% lactate salts could be converted into lactic acid. Final purification can be archived by ion exchange resin for the preparation of poly lactic acid (PLA).



Plot of conductivity of broth/product against time

### Seawater desalination by electro dialysis.

A two-stage electro dialysis unit having a capacity of 100 lit/hr potable water was fabricated and tested in the laboratory with sea water and kept ready for installation. Electro dialysis Reversal (EDR) system (using solenoid valves) was incorporated to increase the life of the membranes and also to reduce the scale formation.

The ED unit used in the first stage consists of 100 cell pairs of membranes having an effective area of 80 x 40 sq. cm. By recirculation method the 5000 ppm total dissolved salts (TDS) of the seawater was reduced to 3000-3500 ppm. The other ED unit for the second stage consists of 70 pairs of ion exchange membranes having an effective area of 52cm x 24 cm. The 3500 ppm TDS water obtained from the first stage was passed through this unit at a flow rate of 100 lit/hr. through a single pass system to obtain a potable water of around 500 ppm. This project was sponsored by Science & Society Division, Department of Science & Technology (DST), New Delhi.

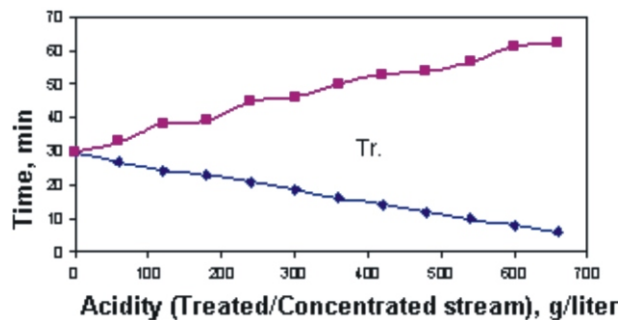


Sea water ED desalination plant being tested at CSMCRI, Bhavnagar

## ElectroMembrane Processes

### Reduction of pH and TDS of the solution by electro dialysis

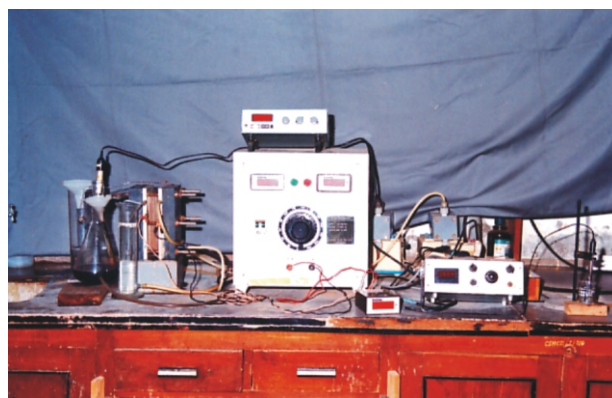
Preliminary lab scale experiments were carried out for the reduction of pH and TDS of Sodic condensate of National Aluminium Company Ltd, Damanjodi, Orissa. The pH of the solution was brought down to around 7.5 from 10.3 while the TDS of treated solution was found to be less than 400 ppm from its original value having 6600 ppm TDS. To bring down the pH from 10.3 to 8, it requires 200 times volume of water, whereas by ED it is possible to bring down with equal amount of water.



Plot of change in acidity of treated and concentrated streams with time

### Separation and concentration of $H_2SO_4$ and $Na_2SO_4$ from industrial effluent

Separation and concentration of sulphuric acid and sodium sulphate from the effluent in lab scale ED experiments were conducted under different experimental conditions. Preliminary experiments indicate that one can increase the concentration of acid and sulphate by ED technique. The acidity and TDS of the treated stream could be brought down to disposable limit. This study was carried out as a sponsored project for M/s. Sol Gel Film Pvt.Ltd., Rajkot.



ED experimental set up for conducting lab scale experiments.

### Societal mission works based on ED technology

CSMCRI came forward to help the tsunami affected people by installing its owned ED technology at Ayyampettai and Rajapettai in Cuddalore District of Tamil Nadu and provided sufficient quantity of safe drinking water.



ED desalination plants installed at Rajapettai village (Left) and Ayyampettai village (Right) of Cuddalore district of Tamilnadu

Two ED desalination plants having a capacity of 500 LPH each were installed and operated at Ayyampettai and Rajapettai villages of Tamil Nadu to provide safe drinking water to the tsunami affected people. These plants were in operation for about 6 to 8 hours per day. CSMCRI staff operated these two plants for a period of one month. Necessary training for operation and maintenance of the plant was given to the villagers and there after these plants were handed over to the Cuddalore district administration for operation.

## SEPARATION TECHNOLOGY

### Defluoridation of drinking water

A recent report from Mehsana district of north Gujarat indicates that around 3000 villages are affected with excessive fluoride in ground water. Excess fluoride is present in water due to fluoride rich minerals present around the water table. Safe drinking water has been the priority of National drinking water technology missions but no noticeable headway has been made so far to mitigate the sufferings of vast population living in these areas.



Skeletal Fluorosis affected lady



Dental Fluorosis affected person

### Process employed

An ion-specific resin developed by separation technology discipline shows rays of hope for the beleaguered population of the affected areas. A chelating ion-selective resin viz aminomethyl phosphonic acid resin is synthesized, initially converted to Na-form and finally to Aluminium-form ( $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $Al^{+++}$ ) for exchange with fluoride in water. The water obtained after passing through the resin contains less than 1 ppm (parts per million) fluoride. This resin can be repeatedly used for the purpose of defluoridation of ground water containing fluoride. Besides, the resin is capable of treating water over a wide range of total dissolved solids (TDS) and pH. The performance of the resin is unaffected by dissolved salts like chlorides, sulphates and bicarbonates. The process has great utility when the TDS of the water to be treated is low and only excessive fluoride ion is required to be removed.



### Technology economics

We have designed and prepared domestic units for defluoridation of ground water having fluoride content in the range of 1 to 10 ppm. The unit consists of a PVC vertical column with about 5 liters of resin which can treat about 15 to 20 liters of water per hour. The column is attached with regulatory valves to control the inlet and outlet flow rates. The domestic unit costs around Rs. 10000/-. The recurring cost is only the regeneration of the resin by alum, which is a commercially available cheap chemical. Three units have been fabricated and installed in three villages of Banaskantha and Mehsana districts of Gujarat in February 2005 and they are working satisfactorily.



Defluoridation unit at Nana Kapra, Banaskantha District, Gujarat

### Dearsenification

In the beginning of eighties cases of arsenic poisoning started appearing in many areas of West Bengal and it was found that the origin of the problem was the arsenic content in drinking water. An area of about 30,000 sq. km. and a population of 3 million is affected by the excessive arsenic in drinking water.

The World Health Organization (WHO) has fixed the maximum permissible limit of arsenic in drinking water as 10 ppb/lit, but now developed countries like Germany and United States have brought this limit down to 2 ppb/lit. Out of ten inorganic contaminants listed by National Interim Primary Drinking Water Regulations of USA, the arsenic happens to be the one, which is highly hazardous to human beings. The poisoning is cumulative with tiny amounts of arsenic from drinking water building up in the bodies of victims over many years until the symptoms emerge.



Defluoridation unit at Bhatvas, Mehsana District, Gujarat

### Process employed

Synthetic ion-selective resins developed in the institute have a key role in this regard. Therefore, a complex forming resin containing polyacrylamide-imide type structures having specificity to remove arsenic from waters which contain low concentrations of arsenate / arsenite has been developed. It assists in lowering the arsenic content in the treated waters to the new adopted WHO limit or to nil or closer to 10 ppb/lit.



### Salient features of the process

The resin is taken in column and complexed/immobilized with ferric ion. The arsenic containing water is percolated down the resin bed at pre-decided flow rates. The water is continued to flow out of the column until traces (10 ppb/lit.) are detected in the effluent. Regeneration of resin can be easily done with commercial ferric salts and caustic alkali.

### Application and target industry

Five domestic dearsenificating units have been installed in five households at Maslandapur, 24 Parganas (North), West Bengal State in October, 2005. The units are performing excellently ever since and both arsenic and iron present in water are being removed. Residents draw ~ 20 liters of water each day for their use. The institute has recognized the need of installing similar types of domestic units in Ghospur village, 24 Parganas (North), West Bengal State.



Three dearsenification units installed in Maslandapur, West Bengal



2

# बहुलक एवं झिल्ली विज्ञान

## प्रतिवर्ती रसाकर्षण

**विभिन्न छिद्र कदवाली पोलीसल्फोन झिल्लियों पर पोलीमाइड के आवरण द्वारा टीएफसी झिल्लियों की संरचना :** क्रमशः 6.07  $\mu\text{m}$  तथा 0.15  $\mu\text{m}$  छिद्र के कदवाली दो पोलीसल्फोन झिल्लियों पर पोलीमाइड का आवरण लगाकर पतली संघटित फिल्म आर ओ झिल्ली बनाई जाती है। पहले की टीएफसी मेम्ब्रेन ने बाद में बनाई गई टीएफसी मेम्ब्रेन की तुलना में उच्च नमक अस्वीकृति दर्शायी।

**पोलीसल्फोन सूक्ष्मछनन झिल्लियों के छिद्र की संरचना का केपीलेरी फ्लो पोरामीटरी तथा नाइट्रोजन परिशोधन द्वारा अध्ययन :** पर्याप्त मात्रा में अविलेयक (नोन सोलवन्ट) पानी में अवक्षेपित पोलीसल्फोन के जमाव द्वारा बड़े पैमाने पर पोलीसल्फोन सूक्ष्मछनन झिल्लियाँ बनाई गईं। छिद्र कद  $> 400 \text{ \AA}$  (0.04  $\mu\text{m}$ ) वाली झिल्लियाँ केपीलेरी फ्लो पोरामीटरी द्वारा नापी गईं जबकि 4 - 500  $\text{\AA}$  की रेंजवाले छिद्र का कद संरचना का मापन नाइट्रोजन परिशोधन द्वारा किया गया।

**पोलीएमाइड संघनित पतली फिल्म झिल्लियों पर क्लोरीन स्थिरीकरण का अध्ययन :** परंपरागत टीएफसी मेम्ब्रेन पर क्लोरीन का क्षार अस्वीकृति कार्यक्षमता में विपरीत असर सर्वविदित है। तत्संबंधी उपलब्ध साहित्य में बताया गया है कि एलीफेटीक एमिन्स द्वारा इस समस्या का निराकरण किया जा सकता है। इस परिकल्पना का परीक्षण करने के लिए मजबूत पोलीइथरसल्फोन सूक्ष्मछनन झिल्लियों पर एरोमेटिक सायक्लोएलीफेटीक पोलीएमाइड का पतला आवरण लगाकर नवीनतम संघटित झिल्लियाँ बनाई गईं। इन संघटित झिल्लियों को 2000 ppm NaCl युक्त 1, 3 अथवा 5 ppm NaOCl घोल में 1-30 दिन के लिये रखा गया। 2000 ppm NaCl घोल का उपयोग करके इन्फ्रारेड स्पेक्ट्रोस्कोपी (FT-ATIR) स्केनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (SEM) तथा विलगन कार्यप्रदर्शन द्वारा इन झिल्लियों के गुणधर्मों का परीक्षण किया गया। झिल्लियों के आई आर स्पेक्ट्रा परीक्षण ने 1644 तथा 1543  $\text{cm}^{-1}$  पर क्रमशः मजबूत एमाइड-I तथा एमाइड-II बंध दर्शाये। सेम विश्लेषण में इसकी सतह आकारिकी में समतल दानेदार झिल्ली से क्लोरीनयुक्त झिल्ली में खुरदरी सतह संरचना पाई गई। झिल्लियों में NaCl अस्वीकृति प्रारंभिक 78% से 63-65% कम हुई और प्रारंभिक प्रवाह 73  $\text{l/m}^2\text{-hr}$  से 32-38  $\text{l/m}^2\text{-hr}$  कम हुआ। इस अध्ययन से पता चलता है कि ज्यादा सांद्रतावाले क्लोरीनयुक्त पानी झिल्ली की कार्यक्षमता को जल्द ही प्रभावित कर देती है।

**उच्च नमक अस्वीकृति की क्षमतायुक्त संघटित झिल्ली का विकास :** समुद्रीजल के अपक्षारीकरण द्वारा पीने योग्य जल तथा सिंचाई के लिये जल प्राप्त करने के उद्देश्य से होलीटेक्स (HT) तथा नोरडायल 100 अव्युत कपड़े का उपयोग करके, विभिन्न परिस्थितियों में विभिन्न छिद्रालुतायुक्त पोलीसल्फोन झिल्लियाँ तैयार की गईं। इन पोलीसल्फोन झिल्लियों पर एम फीनायलीनएडीमाइड (MPD) तथा ट्राइमीसोल क्लोराइड (TMC) का पतला पोलीमाइड आवरण लगाया गया। 30,000 - 35,000 पीपीएम टीडीएसवाले समुद्रीजल को 600 पीएसआइजी पर उपयोग करके संघटित झिल्लियों की कार्यक्षमता का मूल्यांकन किया गया जिससे 30 प्रतिशत से ज्यादा पेयजल की प्राप्ति हुई। नोरडायल दृढ़ पोलीसल्फोन का उपयोग करके बनाई गई झिल्लियों की तुलना आधारित पोलीसल्फोन का उपयोग करके बनाई गई। टीएफसी झिल्लियों ने उच्च नमक अस्वीकृति तथा निम्न प्रवाहदर दर्शाया। यद्यपि दोनों मामलों में नमक सांद्रता 2000 पीपीएम से कम हुई जिससे पता चला कि निसृत जल का खेती के काम में उपयोग किया जा सकता है। समुद्रीजल सेम्पल के अपक्षारीकरण के दौरान नमक अस्वीकृति तथा जलप्रवाह देखने के लिये टीएफसी झिल्लियाँ 15, 16 और 17% बहुलक का उपयोग करके बनाई गई पीएसएफ आधारित झिल्ली पर भी बनाई गईं।

15% पीएस आधारित टीएफसी झिल्ली द्वारा जलप्रवाह में वृद्धि हुई लेकिन नमक अस्वीकृति क्षमता कम हुई ततपश्चात् टीएफसी पर 16% तथा 17% आवरण करके देखा गया। इन प्रयोगों से यह निश्चित हुआ कि पीएसएफ आधार की छिद्रालुता का पोलीएमाइड संरचना पर उल्लेखनीय असर होता है और जिससे नमक अस्वीकृति तथा प्रवाह पर भी असर होता है।

**अतिसूक्ष्म छनन झिल्ली विकास एवं बनावट :** पानी को हल्का बनाने तथा रंग विहिनीकरण के अलावा अन्य उपयोगों के कारण अतिसूक्ष्म झिल्लियों में विशेष अभिरुचि उत्पन्न हुई है। टीएफसी मेम्ब्रेन के पोलीएमाइड आवरण संरचना में परिवर्तन करने से वही मेम्ब्रेन अतिसूक्ष्म झिल्ली के रूप में कार्य कर सकती है। साहित्य में पिपेरैजिन का एमीन स्रोत के रूप में उपयोग करके अतिसूक्ष्म झिल्लियाँ बनाये जाने का वर्णन है। द्वि तथा एकल संयोजी के बीच महत्तम विभेदी चयनशीलतावाली झिल्लियाँ बनाने के लिये हमने, अनुकूलतम प्राचलों का व्यवस्थित अभ्यास किया। झिल्लियों के एकल तथा मिश्र इलेक्ट्रोलाइट घोल के कार्यप्रदर्शन का परीक्षण किया गया। परिचालन दाब के साथ प्रवाह तथा चयनशीलता की विभिन्नता का अध्ययन किया गया। फलस्वरूप पता चला कि दाब के साथ प्रवाह में वृद्धि करने से सिर्फ अस्वीकृति चयनशीलता पर प्रभाव होता है। संगत परिणाम प्राप्त हो सके वैसे झिल्लियों का उत्पादन करने के प्रयास जारी हैं।

**सर्पिल मोडल रोलिंग सुविधा :** सीएसएमसीआरआई ने 2” से 8” व्यासवाले तथा 40” लम्बे मोडयुल के सर्पिल रोलिंग की सुविधा विकसित की है। हमने मेम्ब्रेन रोलिंग तथा परीक्षण मशीन स्थापित किये हैं और अल्ट्रासोनीक वेल्डिंग मशीन, ट्रीमींग मशीन, स्पेशर कटींग मशीन भी स्थापित करनेवाले हैं। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 66 देखिए।)

**होलोफाइबर झिल्ली तकनीक :** विभिन्न विलगन विनियोगों के लिये संस्थान ने होलोफाइबर झिल्ली विकसित करने का कार्य प्रारंभ किया है। होलोफाइबर को स्पिनिंग करने के लिये 1.0 से 2.0 mm OD तथा 0.7 से 1.5 mm ID वाला यूनिट तैयार किया गया। वेट फेज प्रतिलोम प्रक्रिया द्वारा 0.065 से 0.08  $\mu\text{m}$  की परासवाले व्यासवाली तथा औसत छिद्रवाले पोलीसल्फोन होलोफाइबर झिल्ली बनाई गई और 1400 फाइबर को समाविष्ट करने की क्षमतावाली 3” व्यास x मीटर लंबी होलो फाइबर कार्टिज का भी निर्माण किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 67 देखिए।)

**कार्बनिक विलेयक पृथक्करण के लिये पोलीइमाइड झिल्ली :** झिल्ली प्रौद्योगिकी में विलेयक प्रतिरोधक झिल्लियों का विकास अद्यतन है। एसी झिल्लियों का पेट्रोकेमीकल उद्योगों, केमीकल प्रोसेसिंग, विलेयक की पुनः निष्कर्षण प्रक्रियाओं में विभिन्न उपयोग किये जा सकते हैं। नवीनतम कार्बनिक विलेयक झिल्ली पोलीइमाइड में से दो चरणों में संश्लेषित की गई। जिसमें व्यापारिक स्तर पर उपलब्ध एकलको का उपयोग किया गया। पहले चरण में डाइमेथीलेक्टेमाइड में डाइमीन के साथ डाइहाइड्राइड का अनुकूलतम परिस्थितियों में पोलीएमीक एसिड बनाये गये। विभिन्न उपकरण तकनीक द्वारा बहुलकों के गुणधर्म देखे गये। दो प्रकार की विलेयक प्रतिरोधी पोलीइमाइड झिल्लियाँ बनाई गई। पहले प्रकार में, बहुलक सभी जैव विलयक में अविलेय तथा दूसरे प्रकार में, विभिन्न विनियोग में प्रयुक्त झिल्लियाँ विलेयक प्रतिरोध बनाई गई। टोल्युन की प्राप्ति तथा ल्युब ओयल मिश्रण में से मिथाइल इथाइल केटोन (MEK) की प्राप्ति के लिये दूसरे प्रकार की झिल्लियों का टोल्युन की प्राप्ति तथा ल्युब ओयल मिश्रण (विलेयक ल्युब ओइल = 70:30 का मिश्रण) में से मिथाइल इथाइल केटोन (MEK) की प्राप्ति के लिये निम्न तापमान (-15° C से 20° C) पर परीक्षण किया गया। प्रयोगशाला में किये गये प्रयोगों से पता चला कि 550-600 पीएसआई परिचालन दाब पर लगभग 95% विलेयक (टोल्युन तथा MEK) 5% ल्युब ओयल तथा 7-8 gfd का विलेयक प्रवाह प्राप्त किया गया। इसके 2”x12” छोटे मोडयुल बनाये गये तथा झिल्लियों का कार्य मूल्यांकन किया गया।

**अतिशुद्ध पानी प्रक्रिया :** संस्थान ने आर ओ तथा विद्युत अपोहन रेजिन प्रौद्योगिकी को मिलाकर एक अत्यंत किफायती अतिशुद्ध पानी प्रक्रिया विकसित की है। इस प्रक्रिया में डायग्राम पम्प, सेडीमेन्ट फील्टरर्स, कार्बन फील्टर्स, आर ओ मोडयुल, रेजिन कोलम तथा विभिन्न अंतरक सम्मिलित हैं। इस युनिट द्वारा कच्चे पानी से >18.2 M $\Omega$  प्रतिरोधकतावाला तथा <10 ppb TOC, 1000  $\mu\text{s}$  संवाहकतायुक्त 12 लीटर प्रति घण्टा पानी उत्पादित होता है। 500 उत्पादक जल उत्पादन के बाद इस रेजिन को पुनःक्रियाशील करना पड़ता है। संस्थान में रेजिन



कॉलम के बदले सतत क्रियाशील रेजिन कॉलमयुक्त और ज्यादातर उपयोगों के लिए आवश्यक  $>10 \text{ M}\Omega$  प्रतिरोधकतावाले जल उत्पादन हेतु EDI यूनिट बनाने के लिये संशोधनकार्य हो रहा है। एसा एक प्रोटोटाइप यूनिट का निर्माण किया गया है और इसके बड़े यूनिट के निर्माण का कार्य जारी है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 68 देखिए।)

**समुद्रीजल के अपक्षारीकरण के लिये 1000 लीटर प्रति घण्टा की क्षमतावाले दो स्तरीय आर ओ प्लान्ट की संरचना एवं निर्माण :** यद्यपि विश्व में समुद्रीजल का अपक्षारीकरण परंपरागत रूप से समुद्रीजल झिल्ली मोड्यूल द्वारा उच्च दाब एवं एक स्तर पर किया जाता है लेकिन यह महसूस किया गया कि नमकीन जल के झिल्ली मोड्यूल द्वारा कम दाब पर द्विस्तरीय अपक्षारीकरण गाँववालों के लिये उचित विकल्प रहेगा। ऐसे प्लान्ट के कुछ अन्य फायदें भी हैं जैसे सरस्ती सामग्री और फलस्वरूप मूलधन कम होता है तदुपरांत ग्रामीण पर्यावरण में निम्न दाब पर परिचालन विशेष रूप से सुरक्षित होगा और दूसरा महत्वपूर्ण लाभ परिचालन का लचीलापन है अर्थात् समुद्रीजल के टीडीएस में परिवर्तन क्षमता जो ऋतु अनुसार 28,000 से 40,000 पीपीएम की है। पिछले द्विवार्षिक रिपोर्ट में प्रोटोटाइप यूनिट पर दो स्तरीय परिचालन द्वारा समुद्रीजल के अपक्षारीकरण के बारे में जानकारी दी गई थी। इस प्लान्ट के अधिक विकसित रूप, 400-800 पीपीएम टीडीएसवाले प्रतिघण्टा 1000 लीटर जल की उत्पादन क्षमतावाले दो स्तरीय यूनिट बनाया गया। दूसरे स्तर पर अस्वीकृत जल को पुनः प्रथम स्तर पर पुनः चक्रित करके 45% w.r.t. समुद्रीजल प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रक्रिया का उल्लेखनीय आकर्षण यह है कि इसमें समुद्रीजल के पूर्वोपचार के लिये फिटकरी के सिवा अन्य रसायन का उपयोग नहीं किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 68, 69 देखिए।)

**बिनुपयोगी आर ओ मोड्यूल का पुनरुत्पादन एवम् पुनः उपयोग :** प्रतिवर्ष कई औद्योगिक आर ओ प्लान्ट तथा एकस्तरीय समुद्रीजल अपक्षारीकरण प्लान्ट संतोषपूर्ण कार्य करना बंद कर देते हैं। मेसर्स सीपीसीएल द्वारा ऐसे 100 बिनुपयोगी 8" व्यासवाले आर ओ मोड्यूल उपलब्ध करवाये गये थे। इनमें से कुछ मोड्यूल अच्छी स्थिति में पाये गये जबकि कुछ बिल्कुल ही बिनुपयोगी थे और कुछ ऐसे थे जिनको रासायनिक उपचार से पुनः कार्यक्षम बनाना संभव था। दूषितता के आधार पर उपचार प्रक्रिया का निरीक्षण किया गया। इनमें से पुनरुत्पादित करके 25 मोड्यूल सीपीसीएल को वापिस भेजे गये। अन्य कई मोड्यूल पुनरुत्पादन करके विभिन्न सामाजिक प्रवृत्तियों में उपयोग में लाये गये। विशेषरूप से नमकीन जल अपक्षारीकरण तथा दोस्तरीय प्रक्रिया द्वारा समुद्रीजल अपक्षारीकरण में ऐसे पुनरुत्पादित मोड्यूल बहुत ही किफायती पाये गये साथ ही उच्छिष्ट प्रबंधन की समस्या के निराकरण में भी ये उपयोगी सिद्ध हुए।

**चर्मउद्योग में गंदे पानी का प्रक्रिया जल में रूपांतरण :** पर्यावरण अनुकूल चर्म प्रक्रिया प्रौद्योगिकी पर सीएसआइआर नेटवर्क योजना अंतर्गत हमने केन्द्रीय चर्म अनुसंधान संस्थान (CLRI), चैन्नई में अद्यतन समाकलित आर ओ प्रक्रिया स्थापित की है। होलो फाइबर आधारित पूर्वोपचार प्रक्रिया स्थापित की जायेगी।

**नागौर, राजस्थान में खान के नमकीन जल को उपचरित करने के लिये आर ओ सयंत्र की स्थापना :** राजस्थान स्टेट माइंस एन्ड मिनरल लिमिटेड (RSMML) में, 7000 पीपीएमवाले नमकीन जल (लिग्नाइट खनन में निकला हुआ) को उपचरित करने के लिये 8" व्यासवाले दो सर्पिल मोड्यूलवाला एक आर ओ प्लान्ट दिनांक 7 सितम्बर 2005 को स्थापित किया गया। इस सयंत्र द्वारा परिचालन परिस्थितियाँ तथा आवश्यकता के आधार पर खेती के लिये 3000 ली/घण्टा जल की 78% प्राप्ति होती है तथा 2000 ली/घण्टा पेयजल की 50% प्राप्ति होती है। दोनों मामलों में, अस्वीकृत जल औद्योगिक स्तर के नमक उत्पादन के लिये सौरतालाब अथवा नमक पात्र में रखा जाता है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 71 देखिए।)



**सौर ऊर्जा द्वारा परिचालित आर ओ विलवणीकरण यूनिट :** राजस्थान का तिलोनीया गाँव, जहाँ बिजली सौर पेन्लस द्वारा अर्जित की जाती है वहाँ विशेष मात्रावाले फ्लोराइडयुक्त जल से पेयजल प्राप्त करने के लिये एक 600 ली/घण्टा की क्षमतावाला सौर ऊर्जा द्वारा परिचालित आर ओ संयंत्र बनाकर स्थापित किया गया। इस आर ओ संयंत्र बनाने के लिये राजस्थान के तिलोनीया गाँव के सामाजिक कार्य तथा अनुसंधान केन्द्र का आर्थिक सहयोग प्राप्त हुआ। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 72 देखिए।)

**नदी के उच्च क्षारीय जल के शोधन के लिये नौका में आर ओ अपक्षारीकरण यूनिट की स्थापना :** संस्थान ने छोटी नौका में आर ओ अपक्षारीकरण प्लान्ट लगाने के लिये यूनिट बनाया और स्थापित किया। यह यूनिट 25000 पीपीएमवाले नमकीन जल में से दो स्तरीय अपक्षारीकरण प्रक्रिया द्वारा प्रतिघण्टा 150 लीटर पेयजल उत्पादित करता है। यह नौका नदी में एक जगह से दूसरी जगह चलती रहती है। इस आर ओ यूनिट में पूर्वोपचार के लिये SS 316 माइक्रोन फील्टर हैं जिनको सरलता से साफ किया जा सकता है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 73 देखिए।)

**घरेलू उपयोग के लिये विशेष क्षमतावाले उच्च दाब पम्पवाले आर ओ यूनिट का विकास :** घरेलू आर ओ यूनिट में एक पम्प होता है जो 70-100 psi से परिचालित होता है और 2000 पीपीएमवाले नमकीन जल 10-15% से शुद्ध जल उत्पादन कर सकता है। यह महसूस किया गया कि ऐसे पम्प का निर्माण करना चाहिए जो 200 psi पर परिचालित हो सके और 5000 पीपीएम नमकीन जल से इच्छित शुद्ध जल का ज्यादा उत्पादन कर सके। ऐसे पम्प की डिज़ाइन करके निर्माण किया गया। इस पम्प का दाब 200 psi पर 5000 पीपीएमवाले नमकीन जल का अपक्षारीकरण द्वारा परीक्षण किया गया। जिससे 30% के साथ 12-15 लीटर प्रतिघण्टा उत्पादन जल प्राप्त हुआ। हमें आशा है कि ऐसे यूनिट का सामूहिक उत्पादन करने से प्रतियूनिट रु 10,000 से कम कीमत पर बनाया जा सकेगा। इसके दीर्घकालीन उपयोग के लिये पम्प में सुधार करने के कार्य पर तथा घरेलू समुद्रीजल यूनिट के उत्पादन के कार्य पर संशोधन जारी है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 73 देखिए।)

**आर ओ प्रक्रिया द्वारा अस्वीकृत फ्लोराइडयुक्त जल का सुरक्षित निपटान हेतु विकसित प्रक्रिया :** यद्यपि क्षारयुक्त तथा फ्लोराइडयुक्त जल में से सुरक्षित पेयजल प्राप्त करने के लिये आर ओ प्रक्रिया उत्तम विकल्प है, इस प्रक्रिया द्वारा अस्वीकृत जल जिसमें फ्लोराइड का उच्च सांद्रण होता है, उसके निपटान के लिये उचित व्यवस्था आवश्यक है। तदनुसार 20 पीपीएम तक के फ्लोराइडयुक्त अस्वीकृत जल को उपचरित करने की प्रक्रिया विकसित की गई है। अवक्षेपित फ्लोराइड को निकाला गया और इस तरह कम मात्रा में ठोस तथा क्षार युक्त प्रवाह मुक्त करने की प्रक्रिया सरल बनती है।

**उन्नत हर्बल सांद्रक :** आर ओ मेम्ब्रेन पर आधारित उन्नत हर्बल सांद्रक बनाया गया और जलीय हर्बल अर्क को जलरहित करके 75% प्राप्ति हेतु कुछ जैव प्रौद्योगिकी प्रयोगशालाओं को दिया गया। यह यूनिट 70 से 80 पीएसआइजी परिचालन दाब पर 3 से 5 ली/घण्टा जल हटाने में सक्षम है। इस प्रक्रिया की विशिष्टता यह है कि उपयोग हो जाने के बाद मेम्ब्रेन मोड्युल स्वचालित रूप से नियमित अंतराल पर धुल जाता है जिससे धुवण का सांद्रण प्रभाव कम होता है तथा मेम्ब्रेन कम दूषित होती है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 74 देखिए।)

**सामाजिक प्रवृत्तियाँ :** सुरक्षित पेयजल की अत्यावश्यकतावाले विभिन्न स्थलो पर संस्थान ने 15 आर ओ अपक्षारीकरण यूनिट्स की डिज़ाइन बनाकर संरचना की तथा स्थापित किये। इन संयंत्रों का खर्च डीएसटी, नई दिल्ली तथा आंशिक रूप से स्थानिक जिल्ला आयुक्त द्वारा वहन किया गया।

सुनामी संकट के बाद, आंदामान तथा निकोबार द्वीपसमूह पर समुद्रीजल तलछट से दूषित होने के कारण ज्यादातर पेयजल के स्रोत, कुएँ आदि बिनुपयोगी हो गये थे। अतः पेयजल की समस्या अत्यंत विकट हो गई थी। ऐसी परिस्थिति में सीएसएमसीआरआई के विशेषज्ञ वैज्ञानिक समूह ने तीन विभिन्न असरग्रस्त क्षेत्रों में आर ओ प्लान्ट स्थापित किये। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 74 देखिए।)

**पानी शुद्धिकरण के लिये चलित यूनिट :** उड़ीसा चक्रवात, कच्छ भूकंप तथा एशियन सुनामी जैसी कुदरती आफतों के समय पर सीएसएमसीआरआई ने त्रस्त जनता को पेयजल प्राप्त कराने के लिये प्रशंसनीय कार्य किया है। ऐसे यूनिटों द्वारा तत्काल कार्यनिष्पादन हेतु एक मोबाइलवान को संस्थान के जल शुद्धिकरण उपकरण यूनिट (आर ओ, इडी तथा रेजिन आधारित शुद्धिकारकों) से सुसज्ज किया गया है, जिससे विभिन्न प्रकार के जल – समुद्रीजल से लेकर आर्सेनिक तथा फ्लोराइड जैसे जोखिमकारक अशुद्धियों से प्रदूषित जल – को उपचरित किया जा सके। आशा है कि इस मोबाइल वान से संकट प्रबंधन में सहाय के साथ साथ स्वदेशी प्रौद्योगिकी के बारे में जागृति फैलेगी। ये यूनिट वान के एन्जीन के पावर का उपयोग करके चलाये जायेंगे तथा वान की छत पर लगे सौर पेनल्स द्वारा सौर ऊर्जा से पानी शुद्धिकरण किया जायेगा। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 76 देखिए।)

**उत्सर्जित उष्मा संवर्धन द्वारा ब्राइन का सौर अपक्षारीकरण :** सोल्ट वर्क्स में अगरियाओं को पीने योग्य जल की गंभीर समस्या का सामना करना पड रहा है। कच्छ के छोटे रण जैसे दूरस्थ क्षेत्र में स्थित सोल्ट वर्क्स में इलेक्ट्रीक पावर भी नहीं होता। संस्थान ने सोल्ट फार्म में प्रयुक्त डीज़ल एन्जीन पम्प की उत्सर्जित उष्मा का उपयोग ब्राइन से पेयजल उत्पादन करने में किया है। आशा है कि इस यूनिट द्वारा 10-20 लोगों के लिये पेयजल पूर्ति की जा सकेगी। ऐसे यूनिट विविध सोल्ट वर्क्स में लगाये जा सकते हैं।

## वैद्युत झिल्ली प्रक्रियाएँ

**अपरंपरागत विधि द्वारा द्विध्रुवीय झिल्लियों का निर्माण :** द्विध्रुवीय झिल्लियों के निर्माण के लिए पूर्व उपस्थित अन्तर-बहुलक झिल्ली के सल्फोनिक अम्ल समूहयुक्त पालीईथाइलीन-स्लायरीन-डाईविनायल बेन्जीन धनायन विनिमय करनेवाली झिल्ली के सतह को सर्वप्रथम संक्रमण तत्वों के लवण विलयनो द्वारा सक्रिय किया जाता है। पाली (4-विनायक पिरीडीन) का विलयन टेट्राहाइड्रोफ्युरान में बेन्जवायल पराक्साइड की उपस्थिति में मुक्त मुलक विधि द्वारा बनाया जाता है। इस प्रक्रिया में ईपाक्साइड को बंधक के रूप में प्रयोग करते हैं। उपरोक्त विलयन को सक्रिय धनायन विनिमय करनेवाली झिल्ली के सतह पर पूर्वनिर्धारित मोटाई के अनुसार लेपन कर उष्मीय विधि द्वारा रेखित बंधित कर दिया जाता है। इस प्रकार निर्मित द्विध्रुवीय झिल्ली द्वारा जल विखंडन की क्रिया, सोडियम क्लोराइड, सोडियम फारमेट, सोडियम सल्फेट, सोडियम लैक्टेट, कैल्शियम लैक्टेट, अमोनियम लैक्टेट आदि विलयनों में विभिन्न प्रायोगिक दशा तथा भिन्न भिन्न सीमाओं जैसे सामर्थ्य खपत तथा ऊर्जादक्षता के अनुसार किया गया। ये झिल्लियाँ अच्छा कार्य करती है परन्तु लवणों का रिसाव इनकी दक्षता को मुख्य रूप से प्रभावित करता है। लवण रिसाव को कम करने के लिए मुख्यतः ऋणायन विनिमय करनेवाली झिल्ली की मोटाई तथा दोनों झिल्लियों के आयन विनिमय सामर्थ्य को आंकलित कर इसे रोकने के कई प्रयास किये जा रहे हैं। ये झिल्लियाँ अतिअम्लीय एवं क्षारीय विलयनों में स्थायी रहती है।

अम्ल व क्षारों के संघटकों को पृथक व सांद्र संहित करने में आयन विनिमय झिल्लियों का प्रयोग किया जाता है। यह प्रक्रिया द्विध्रुवीय वैद्युत अपोहन कहलाती है। इन प्रक्रियाओं में द्विध्रुवीय झिल्लियाँ सर्वाधिक महत्वपूर्ण होती हैं। ये झिल्लियाँ विशेष प्रकार की सतही मापन विनिमय झिल्लियाँ होती हैं। इनमें दो बहुलकीय सतहें होती हैं जिनमें स्थायी आवेश होते हैं। एक सतह धनायन व दूसरी सतह ऋणायन हेतु पारगम्य होती है। ये झिल्लियाँ विलयन पृथक्करण हेतु प्रयोग में लाई जाती हैं। इनमें किसी भी सतह का पारगमन एक सतह से दूसरी सतह में नहीं होना चाहिए।

इन झिल्लियों के संधि स्थल जहाँ धनायन व ऋणायन पारगमित सतहें एक दूसरे के सीधे संपर्क में होती हैं, उस स्थान पर जल के अणुओं के विखण्डन की क्रिया होती है। इस क्रिया द्वारा OH व प्रोटोन उत्पादित होते हैं व ये आयन झिल्लियों की सतह द्वारा पारगमित होते हैं। जलाणुओं के विखण्डन पर कोई भी गैस सह उत्पाद के रूप में न तो निष्कासित होती है ना ही उपयोग की जाती है। द्विध्रुवीय झिल्लियों को विकसित करने हेतु कई प्रयोग विभिन्न वैद्युत परिस्थितियों में किए गए हैं। यह पाया गया कि 80% वैद्युत अपघट्य समतुल्य अम्ल व क्षार में परिवर्तित हो जाते हैं। इनमें 2.0-5.0 KWh/kg व 50 से 70% के मध्य में ऊर्जा खपत व वैद्युत प्रभविता पाई गई है। सांद्र वैद्युत अपघट्य की उपस्थिति में लवण विसरण बढ़ जाता है। ये अम्ल की शुद्धता को घटाता है व ऊर्जा की खपत को बढ़ाता है। लवण के विसरण हेतु दोनों धनायन व ऋणायन विनिमय झिल्लियों की आयन विनिमय सामर्थ्य उत्तरदायी होती हैं। इनमें लवण विसरण रोकने व झिल्लियों के उत्तम निष्पादन हेतु जलाणुओं के विखण्डन की प्रक्रिया को बढ़ाने हेतु कई प्रयास किए जा रहे हैं। इस प्रक्रिया में उपस्थित प्रत्येक तंत्र को भलिभांति समझकर उसे आंकलित कर झिल्लियों की पारगमन क्षमता बढ़ाने पर जोर दिया जा रहा है, जो आवश्यक है।

**किण्वनिक शोरबे से लेक्टेट आयन का पृथक्करण व उसका लेक्टिक एसिड में रूपांतरण :** एनएमटीएलआई प्रोजेक्ट के अंतर्गत सोडियम, अमोनियम, कैल्शियम, लेक्टेट्स को उनके किण्वनिक शोरबे से वैद्युत अपोहन विधि द्वारा पृथक् किए जाते हैं। विभिन्न प्रयोगों द्वारा 92-95% अमोनियम लैक्टेट, 87-90% सोडियम लैक्टेट व 75-80% कैल्शियम लैक्टेट उनसे किण्वनिक शोरबे से पृथक् किए गये हैं। प्रायोगिक आंकड़ों के आधार पर सीएसएमसीआरआई, भावनगर ने वैद्युत अपोहन यंत्र लगाया गया है जो एनसीएल पूना द्वारा प्रदत्त है।

**लैक्टेट का लैक्टिक अम्ल में रूपांतरण :** सामान्यतया लैक्टिक एसिड, लैक्टेट लवण द्वारा द्विध्रुवीय झिल्लियों की सहायता से बनाया जाता है। अधिक मूल्य व कम प्राप्यता के कारण नई तकनीक आयन विष्यापन वैद्युत अपोहन का प्रयोग किया जाता है जिसमें एकध्रुवीय झिल्लियों का प्रयोग किया जाता है। 95% लैक्टेट लवण लैक्टिक अम्ल में परिवर्तित हो जाता है। इसकी शुद्धता आयन विनिमय रेजिन द्वारा की जाती है जो कि पॉलिलैक्टिक एसिड बनाने में उपयोगी है।

**वैद्युत अपोहन द्वारा समुद्री जल का विलवणीकरण :** 100 lit/hr समुद्रीजल को पीने योग्य बनानेवाले विचरणीय तंत्र का समायोजन किया जा चुका है व ये अब उपयोग हेतु तैयार है। समुद्री जल को पीने योग्य बनाने हेतु इसमें सोलेनाइड वाल्व लगाए जाते हैं जो यंत्र की जीवन अवधि को बढ़ाते हैं साथ ही शल्क उत्पादन को रोकते हैं।

प्रथम चरणीय वैद्युत अपोहन तंत्र में 100 झिल्लियों की जोड़ियाँ होती हैं जिनका प्रभावी क्षेत्र 80 x 40 sq. Cm. होता है। पुनःबहाव विधि द्वारा कुल धुलित ठोसों की सांद्रता 3000 से 3500 ppm तक कम की जाती है। द्विचरणीय वैद्युत अपोहन यंत्र में 70 जोड़ी झिल्लियाँ होती हैं जिनका प्रभावी क्षेत्र 52cm x 24 cm है इसमें लवण की सांद्रता 500 ppm तक कम की जाती है। यह प्रोजेक्ट योजना विज्ञान व तकनीकी विभाग द्वारा प्रयोजित है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 79 देखिए।)

**वैद्युत अपोहन द्वारा विलयन का pH व कुछ घुलित ठोसों का लघुकरण :** सर्वप्रथम उड़ीसा में राष्ट्रीय एल्युमिनीयम कोर्पोरेशन द्वारा अपनी प्रयोगशाला में pH व कुछ घुलित ठोसों के लघुकरण पर कई प्रयोग किए। 10.3 से 7.5 तक pH कम किया गया। 6600 ppm से 400 ppm तक कुल घुलित ठोस को लघु किया गया। 10.3 से 8 pH लाने हेतु 200 गुना अधिक जल का प्रयोग किया गया। इस जल की व्यवस्था वैद्युत अपोहन द्वारा की गई।

**औद्योगिक बहिस्त्रावों से  $H_2SO_4$  व  $Na_2SO_4$  का पृथक्करण व सांद्रण :** औद्योगिक बहिस्त्राव से  $H_2SO_4$  व  $Na_2SO_4$  के पृथक्करण व सांद्रण हेतु वैद्युत अपोहन द्वारा कई प्रयोग किए गए हैं। कई प्रयोगों द्वारा अम्लता की वृद्धि पाई गई। यह अध्ययन सोल जेल फिल्म प्राइवेट लिमिटेड परियोजना के अंतर्गत किए गए।

**वैद्युत अपोहन तकनीक द्वारा सामाजिक कार्य :** नैसर्गिक आपदा “सुनामी” के दौरान सीएसएमसीआरआई, भावनगर ने संस्थान का वैद्युत अपोहन यंत्र लगाया। 500 लीटर/घण्टा की क्षमतावाले दो वैद्युत अपोहन यंत्र, विलवणीकरण यंत्र (तमिलनाडु में) लगाये गये। ये यंत्र 6-8 घण्टा/दिन के सामर्थ्यनुसार कार्य करते हैं। इन यंत्रों की जानकारी वहाँ के निवासियों को प्रदान की गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 80 देखिए।)

## विलगन प्रौद्योगिकी

**गुजरात में भूमिजल का फ्लोराइडविहिनीकरण :** हाल ही में उत्तर गुजरात के महेसाना जिल्ले से प्राप्त रिपोर्ट अनुसार 3000 गाँव भूमिजल फ्लोराइड की अत्यधिक मात्रा से प्रभावित हैं। वोटर टेबल के आसपास फ्लोराइड की अधिकता के कारण पानी फ्लोराइडयुक्त हुआ है। सुरक्षित पेयजल की उपलब्धि राष्ट्रीय पेयजल प्रौद्योगिकी मिशन का मुख्य लक्ष्य है लेकिन इस दिशा में इन क्षेत्रों की पीड़ीत जनता के लिये अबतक कोई उल्लेखनीय कार्य नहीं हुआ है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 81 देखिए।)

**प्रयुक्त प्रक्रिया :** विलगन प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा विशिष्ट आयन रेज़िन विकसित किया गया है जिसने प्रभावी क्षेत्र की त्रस्त जनता की समस्या दूर करने के लिये आशा किरण जगाई है। एमिनोमीथाइल फोस्फोनिक एसिड रेज़िन जैसा चीलेटींग आयन चयनित रेज़िन संश्लेषित किया गया, जिसे फ्लोराइडयुक्त पानी के विनिमय के लिये पहले Na-रूप में और अंततः एल्युमिनियम ( $H+Na+Al+++$ ) किया गया। इस रेज़िन में से पारगमन द्वारा प्राप्त पानी में  $< 1$  ppm फ्लोराइड पाया गया। फ्लोराइड आयनसयुक्त भूमिजल के फ्लोराइड विहिनीकरण के लिये इस रेज़िन का कई बार उपयोग किया जा सकता है। तदुपरांत यह रेज़िन pH तथा TDS की विस्तृत रेंजवाले जल का शोधन करने में भी सक्षम हैं।

इन रेज़िन की कार्यक्षमता क्लोराइड्स, सल्फेट्स तथा बाइकार्बोनेट्स जैसे अधुलित क्षारों (TDS) से प्रभावित नहीं होती। जब उपचरित किये जानेवाले जल में अधुलित क्षार (TDS) बहुत कम हो और सिर्फ फ्लोराइड की अधिक मात्रा की दूर करनी हो तब यह प्रक्रिया महत्तम उपयोगी है।

**प्रौद्योगिकी के आर्थिक पहलू :** हमने 1 से 10 फ्लोराइड की मात्रावाले पानी को शुद्ध करने के लिये घरेलू यूनिट विकसित किया है। यूनिट में सीधा प्लास्टिक का कॉलम होता है जिसमें 5 लीटर रेज़िन समाविष्ट हो सकती है। इससे 1 घण्टे में 15 से 20 लीटर पानी शुद्ध किया जा सकता है। इस यूनिट में पानी के प्रवेश तथा निष्काषण प्रवाह को नियंत्रित करने के लिये दो वाल्व लगे हुए हैं। एक घरेलू यूनिट का अंदाजित मूल्य 10,000/- रु हैं। इस यूनिट में प्रयुक्त रेज़िन के पुनः उपयोग के लिये फिटकरी का उपयोग किया जाता है जो कम कीमत पर उपलब्ध है अतः खर्च बहुत कम होता है। इस प्रकार सयंत्र बनासकांठा और महेसाना में फरवरी 2005 से संतोषजनक रूप से कार्यरत हैं।

**आर्सेनिक विहिनीकरण :** आठवें दशक के पूर्वाध में पश्चिम बंगाल के कई क्षेत्रों में पीने के पानी में आर्सेनिक की मात्रा अधिक हाने के कारण होनेवाली बिमारियों की वज़ह से यह समस्या प्रकाश में आयी। लगभग 30,000 स्के. मी क्षेत्र और 3 लाख जनता पेयजल में आर्सेनिक की

## बहुलक एवं झिल्ली विज्ञान

अत्यधिक मात्रा से प्रभावित हुई। विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) ने पेयजल में आर्सेनिक की तक महत्तम सीमा उचित मानी है। लेकिन जर्मनी, अमरीका जैसे विकसित देशों ने पेयजल में आर्सेनिक की 2 µg/lit. मात्रा को तक सीमित रखा है। नेशनल इन्ट्रीम प्राइमरी ड्रीकींग वोटर रेग्युलेशन्स ऑफ युएसए द्वारा सूचित किये गये पानी को प्रदूषित करनेवाले 10 तत्वों में से आर्सेनिक एक है। जो मानव के लिये बहुत ही जोखिमकारक है। पानी में आर्सेनिक की अधिक मात्रा, शरीर के स्नायुओं में एकत्रित होती है और बीमारी के लक्षण नज़र आने लगते हैं। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 82 देखिए।)

**प्रयुक्त प्रक्रिया :** इस संबंध में संस्थान में विकसित संश्लेषित आयन चयनित रेज़िन्स ने महत्वपूर्ण कार्य किया है। इसके लिये पोलीएक्रेमाइड-इमाइड प्रकार की संरचनावाले रेज़िन विकसित किये गये जिसमें आर्सेनेट तथा आर्सेनीक के निम्न सांद्रतावाले पानी में से आर्सेनिक दूर करने की क्षमता है। इस रेज़िन द्वारा विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा निर्देशित मापदंड अनुसार अथवा 10 µg/lit तक आर्सेनिक दूर किया जा सकता है।

**प्रक्रिया के मुख्य आकर्षण :** इस रेज़िन को एक प्लास्टिक के कॉलम में लिया जाता है और फेरीक आयन से संयोजित किया जाता है। आर्सेनिक से प्रदूषित पानी जब रेज़िन के माध्यम पूर्वनिर्धारित प्रवाहदर से प्रवाहित किया जाता है ये रेज़िन आर्सेनिक को रोक लेती है। यह प्रक्रिया 10 µg/lit. की सीमा तक चालू रहती है। ये रेज़िन सोडियम हाइड्रॉक्साइड तथा लोहतत्व द्वारा पुनः क्रियाशील किये जा सकते हैं।

**विनियोग :** अक्टूबर 2005 में पश्चिम बंगाल के 24 उत्तर परगना के मसलान्दापुर गाँव के पाँच घरों में पाँच घरेलू यूनिट स्थापित किये गये हैं। तब से ये यूनिट पानी में स्थित आर्सेनिक तथा आर्यन दूर करने में उत्कृष्ट कार्य कर रहे हैं। प्रत्येक परिवार, प्रत्येक यूनिट द्वारा प्रतिदिन ~20 लीटर स्वच्छ पानी प्राप्त करता है। संस्थान ने इसी प्रकार की अन्य यूनिट 24 परगना के घोषपुर में लगाने का संकल्प किया है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 83 देखिए।)





3

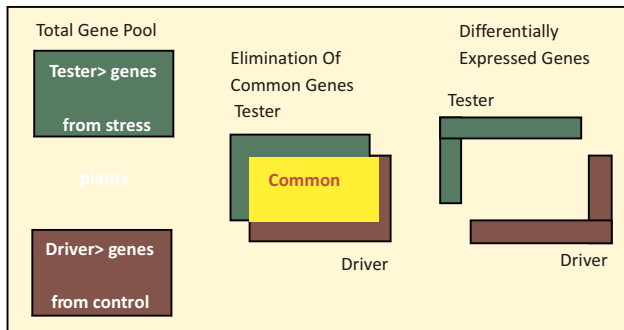
# **MARINE & WASTELAND DEVELOPMENT RESEARCH**

- Marine Biotechnology & Ecology
- Wasteland Research

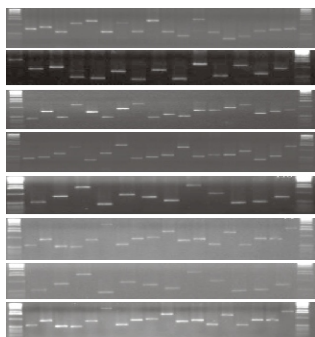
## Molecular Biology and Biotechnology

### Stress genomics of salt tolerance

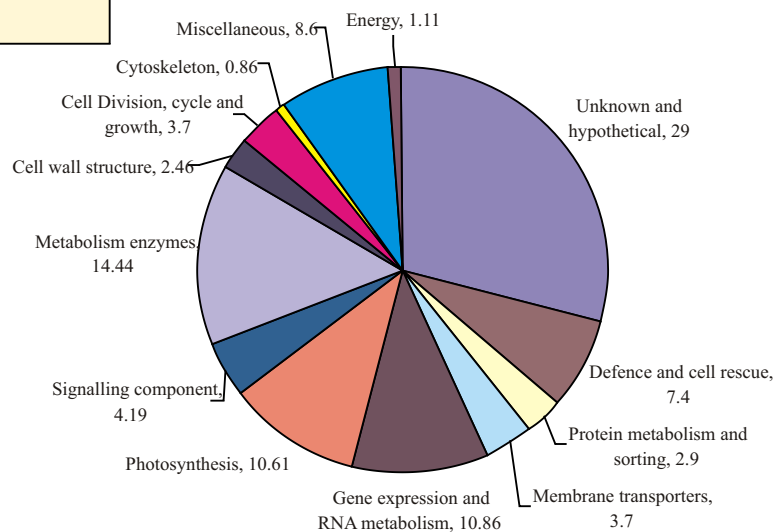
*Salicornia brachiata* Roxb. (Amaranthaceae), a succulent annual halophyte, which can tolerate salinity upto 2.0 M NaCl has been selected as a model plant for stress genomic study. A partial transcriptome data base from this halophyte has been developed. cDNA library from *Salicornia brachiata* has been constructed and 930 Expressed Sequence Tags (EST) sequences have been deposited in the NCBI Gene Bank ([EB 484528 to EB 485289](#) and [EC 906125 to EC 906292](#)). The distinct genes were grouped into different functional categories. The classification shows the most abundant of mRNA is of unknown genes in total population. Approximately 8 % of the ESTs are found to be involved in abiotic stress tolerance. A comparative study of expression and function of members of the same gene families in this extreme salt tolerant plant has been undertaken besides unraveling additional stress-associated gene resources. Cloning and characterization of some important salt responsive gene(s) has been undertaken. Some of the major thrusts are analysis and characterization of antiporter gene like NHX-1, antioxidant gene PAPX, GST (Accession number EF 373062) and ASR-1 involved in salt tolerance mechanism. Full length sequences of these genes have been obtained using 5' and 3' RACE. These genes are being used for genetic engineering of the important crop species such as *Arachis hypogea* (Peanut) and *Nicotiana tabacum* (Tobacco) for enhanced salt tolerance and sustainable agriculture.



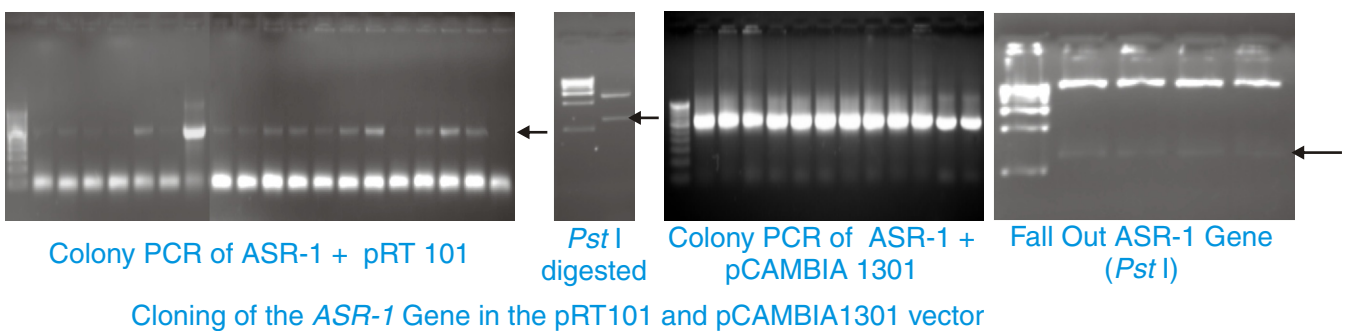
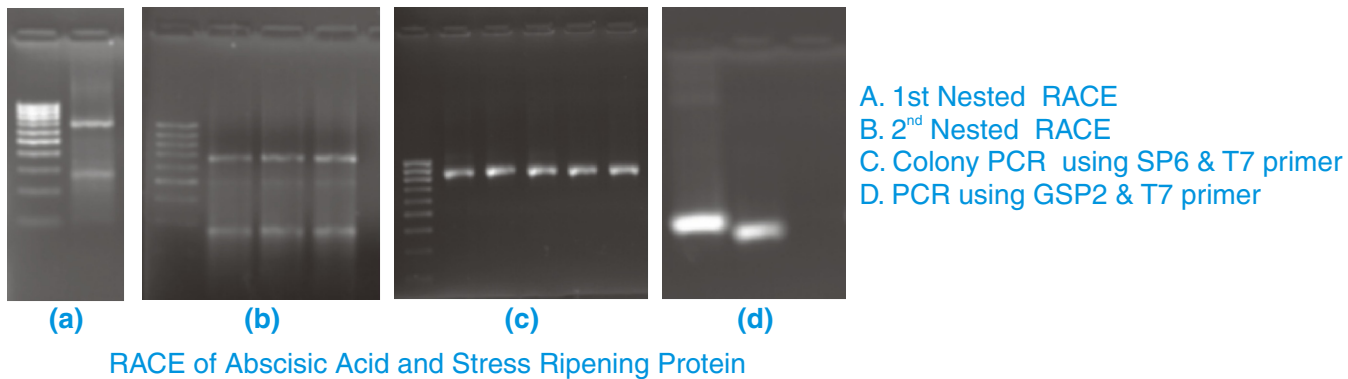
Subtractive hybridization technique



Gel picture showing different ESTs of *Salicornia brachiata*

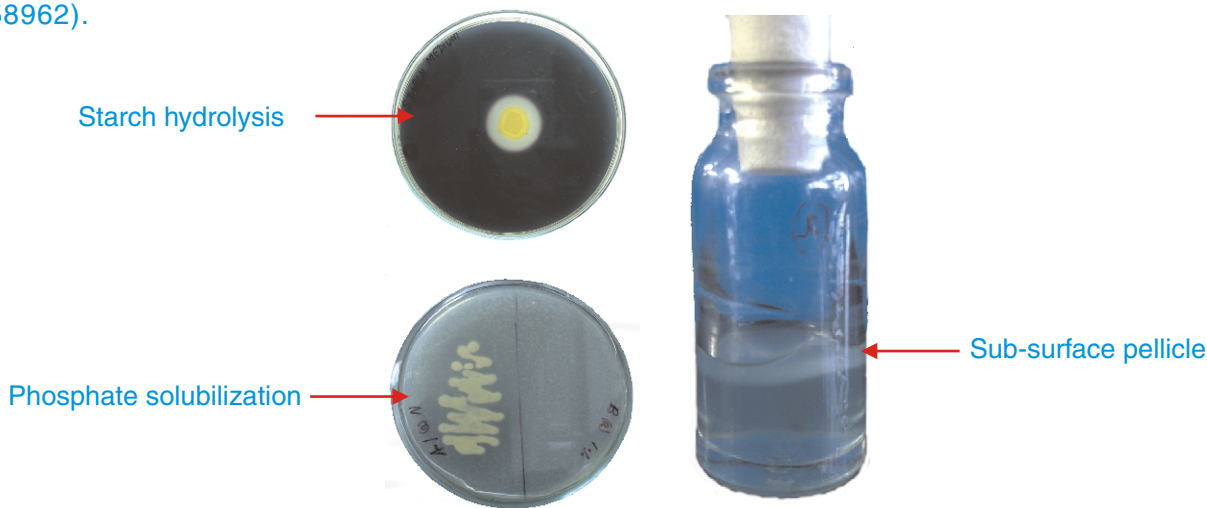


Classification of *Salicornia brachiata* ESTs in different functional group



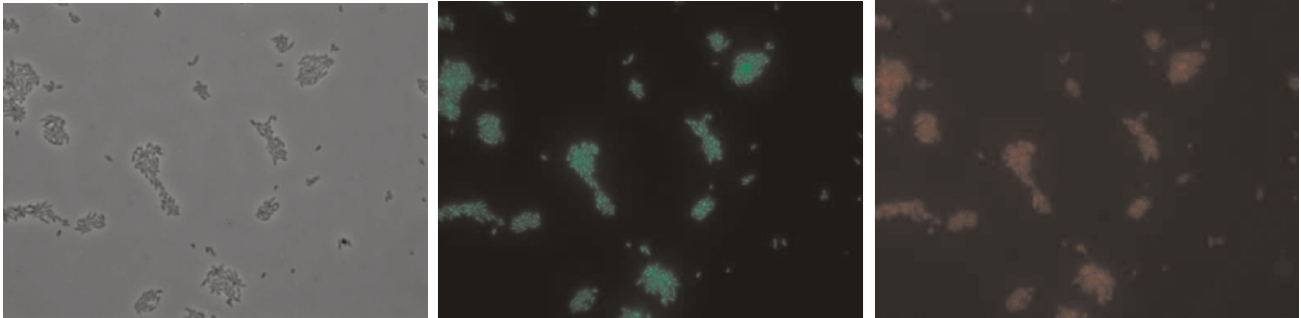
**Halotolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria**

A number of salt tolerant PGPR have been isolated from a non- leguminous halophytic plant. These isolates are highly efficient in N<sub>2</sub> fixation and IAA production. Further some of them can also help in phosphate solubilization. Molecular characterization of these isolates has been done and their biotechnological application is being tested. Some of the isolates have been found unique and their full length 16S rRNA gene sequences have been deposited in the NCBI Gene Bank ([DQ 458961](#) and [DQ 458962](#)).



Isolation and characterization of PGPR

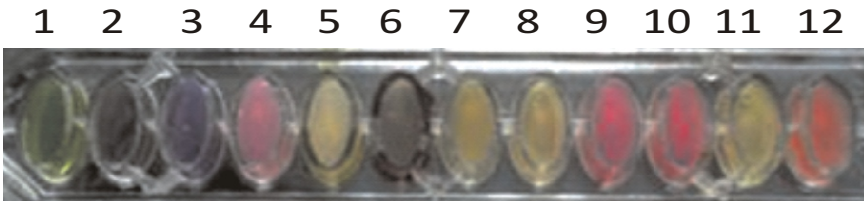




Fluorescence *in situ* hybridization (FISH) using 16S rRNA - directed oligonucleotide probe for identification of PGPR

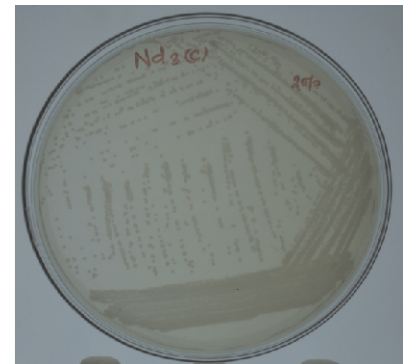
### Characterization of Haloalkaliphiles

Approximately thirty five haloalkaliphiles have been isolated from coastal area of Gujarat. Ten isolates were found to be strongly alkaliphilic in nature and could be grown even at pH 13.5. Molecular and biochemical characterization is in progress and the isolates will be explored for bioremediation of alkaline effluents.



Biochemical characterization of extreme haloalkaliphiles

1. Citrate utilization
2. Lysine decarboxylase
3. Ornithine decarboxylase
4. Urease
5. Deamination
6. Nitrate reductase
7. H<sub>2</sub>S production
8. Glucose
9. Adonitol
10. Lactose
11. Arabinose
12. Sorbitol



Pure culture of an extreme haloalkaliphilic bacteria grown at pH 13.5

Although agar is an excellent gelling agent under neutral-to-moderately alkaline conditions, it loses its gelling properties under more alkaline conditions. A new low-cost medium using  $\kappa$ -carrageenan as a gelling agent has been developed to enable us to isolate, purify and identify extreme alkaliphilic bacteria. Using this medium, fourteen alkaliphilic bacteria were isolated from alkaline soils and effluents. These isolates could grow in a pH ranging from 8.0 to 13.5. Some of the cultures could grow at high salt concentration as well. One of these isolates produced copious amounts of viscous extracellular polymeric product on alkaline solid medium. The crude product was found to be proteinaceous in nature.



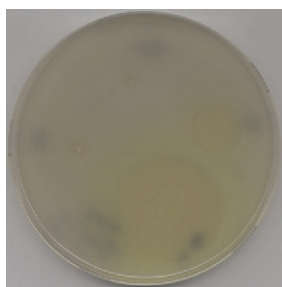
Biopolymer production by a halo-alkaliphilic bacterium

### CO<sub>2</sub> sequestration by soil microbes

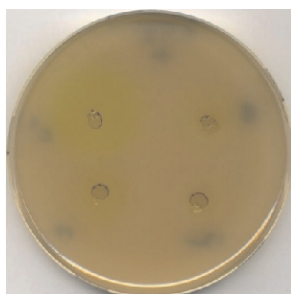
Soil serves as a sink for different carbon compounds, including CO<sub>2</sub>. Studies have been initiated to understand CO<sub>2</sub> fixation by autotrophic soil bacteria. The functional gene *cbbL* involved in CO<sub>2</sub> fixation is being utilized to determine the diversity and composition of CO<sub>2</sub> fixation by soil bacteria.

### Molecular detection of 'quorum sensing'-mediated biofilm formation

Healthy, fresh seaweeds were collected from the natural habitat from coastal areas of Gujarat and both aqueous and organic extracts were prepared for the study of molecular signaling of quorum sensing. Bacterial strains *E. coli* MT 102 containing plasmid pJBA89, *Pseudomonas putida* F 117 with plasmid pKR-C 12 and *Serratia liquefaciens* MG 44 containing plasmid pBAH 9 were used as the sensor strains for this purpose. These strains contain Lux R and *gfp* (green fluorescent protein) as reporter genes plus one or more genes for antibiotic resistance. The known biofilm-producing bacteria, *Pseudomonas putida* Iso F and *Serratia liquefaciens* MG 1, were used as tester strains to check the efficacy of seaweed extracts. In a different set of experiments, synthetic AHL compounds and/or algal extracts were used to screen large number of marine algae for the presence of quorum-inhibiting chemicals. Some of the seaweeds have given excellent positive leads and their further detailed chemical characterization is in progress.

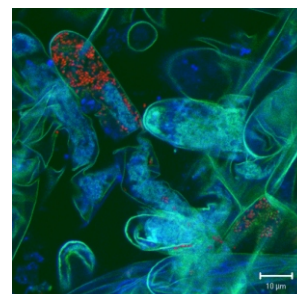


*Serratia liquefaciens*  
+ AHL (C<sup>6</sup> and C<sup>8</sup>)



*S. liquefaciens* + AHL (C<sup>6</sup> and C<sup>8</sup>)  
+ extract (*Asparagopsis taxiformis*)

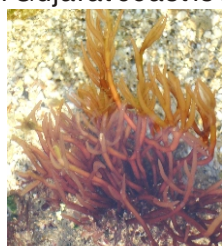
Inhibition of *gfp* expression by algal extract



*In situ* detection of signalling molecules in the rhizosphere by confocal laser microscopy (courtesy Prof. A. Hartmann)

### Molecular characterization of economically important seaweeds

Molecular phylogeny of some important seaweeds yielding carrageenan, agar, agarose and alginate have been done and full length gene sequences for 18S rRNA gene and ITS-I have been deposited in NCBI Gene bank. A comprehensive database embracing key characters, molecular diversity and usage of seaweeds of Gujarat coast is under preparation.



*Gracilaria dura*



*Kappaphycus alvarezii*



*Gelidiella acerosa*

NCBI Gene bank accession no. of 18 S rRNA gene:

*Gracilaria dura*- DQ 399795

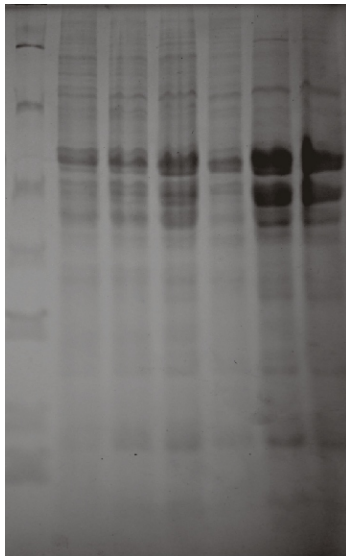
*G. corticata* var. *cylindrica*- DQ 409339

*G. corticata* var. *corticata*- DQ 409340

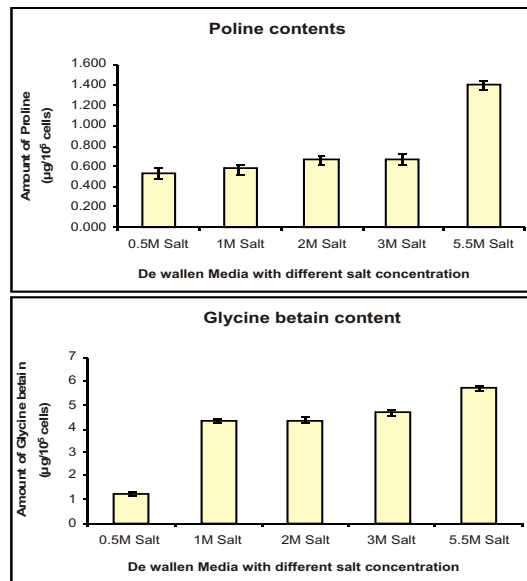


### Molecular characterization of halotolerant micro algae *Dunaliella*

Halotolerant green microalga *Dunaliella* was isolated from CSMCRI salt pan and grown in the laboratory culture under different salt concentrations, ranging from 0.5 to 5.5 M NaCl. Concentrations of different stress metabolites such as proline, glycine betain and glycerol were found to increase with increasing concentration of NaCl in the medium. The SDS-PAGE profiling of *Dunaliella* showed evidence of certain specific salt-induced proteins. Molecular characterization of the isolated *Dunaliella* has been undertaken using ARDRA technique. 18S rRNA gene was amplified and submitted to NCBI (accession no. AF506698). Isolation of salt responsive gene(s) using subtractive hybridization techniques is in progress.



SDS-PAGE profiling of halotolerant green algae - *Dunaliella*



Stress metabolites in response of salt stress in halotolerant green algae - *Dunaliella*

### Cultivation of economically important seaweeds

*Gracilaria dura* has been shown by us to be potential source of agarose. Unfortunately, the alga, which was harvested from Saurashtra coast (Gujarat), occurs scarcely in nature which limits its utility on commercial scale. Preliminary studies undertaken during 2003-2004 at Thonithurai and Krasadai Island (Mandapam, Tamil Nadu) showed encouraging results with daily growth rate of 2-3%, although there were severe problems of grazing. Experimental cultivation was thereafter started in four different locations, viz. Thonithurai, Ariyankundu, Akkalmadam, Rameswaram, employing raft cultivation method (2mx2m raft; 25 ropes) which has already been successfully employed for *Kappaphycus* cultivation. The depth at which the rafts were placed was also varied. The results obtained revealed the scope for large scale cultivation of *Gracilaria dura* along the South-east coast of India, especially at Akkalmadam, Ariyankundu and Thonithurai. Studies were conducted in the Gujarat coast as well, and the results are equally promising. There are, however, several outstanding problems which will need to be addressed, such as maintenance of germplasm during off-season.



Raft cultivation of *Gracilaria dura*

*G. dura* cultivation at Ariyankundu

Initial fresh weight (kg)	Fresh weight after 60 days (kg)	Depth at which raft suspended (m)
1.0	6.5	1.0
1.0	7.2	2.0
1.0	9.2	2.5
1.0	9.3	3.0

Raft cultivation of *Gelidiella acerosa*

Several attempts were made by us in the recent past to cultivate *Gelidiella acerosa* in large scale. None of the methods were found to be sufficiently practical. Raft method of cultivation of *Gelidiella acerosa* was introduced in 2005 on the back of the success achieved with *Kappaphycus alvarezii* and certain species of *Gracilaria*. The size of the raft used was 1.5m x 1.5m with 20 seeding lines having 25 plantings each. Each raft was seeded using 400 g fresh weight and cultivated for six months. Produce from 30 rafts was harvested in 2005 and from 49 rafts in 2006 (Table 1). The ideal growth period was between May-October for Gulf of Mannar side, which coincides with the observed peak growth period in nature.

Yield data for raft cultivation of *Gelidiella acerosa*

Year	No. of rafts seeded	Initial Fresh weight(kg)	Percentage survival	Fresh weight per raft harvested after 6 months (kg)
2005-06	30	150	60.33± 8.99	0.90± 0.285
2006-07	49	400	67.73±10.88	2.265± 0.873

Cultivation of edible algae

*Kappaphycus alvarezii*

Cultivation of *Kappaphycus alvarezii* at Okha (Gujarat) was continued using both net bag and raft method. The cultivation was done in the sea where no exposure was found during low tides. Total 275 net bags were cultivated at GMB site Okha over a length of 110m rope and the crop yield obtained was 390kg (fresh). The raft cultivation was increased to 100 rafts, of which 70 rafts were at GMB site, Okha, 10 were at Mithapur and 20 rafts were at Bhadrecha covering total length of rope of 2500 m, and the total crop yield obtained was 16.5 tons (fresh) excluding the loss of 2.5 tons (fresh) washed away due to high velocity water current during January 2005. Studies were simultaneously carried out with CFTRI Mysore on food preparations using the cultivated material.

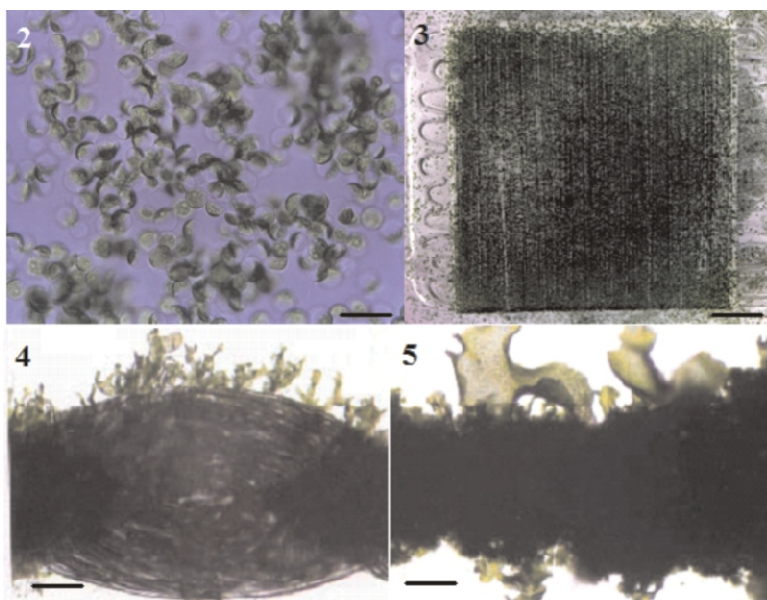
### *Enteromorpha compressa*

*Enteromorpha* cultivation was done in the open sea between November 2004-March 2005. Twenty seeded nets (2.5 m x 2.5 m) were used for this cultivation and a total crop yield of 187 kg (fresh) over 3 harvests corresponding to a yield of 1.5 kg fresh weight per sq. m.

The composition of seawater in Mithapur and Bhadrecha indicated the presence of high levels of nutrients. Presence of heavy metal in the sea and also in the cultivated materials was studied by ICP-OES. *Kappaphycus* and *Enteromorpha* did not show any pathogenic organisms like *Shigella*, *Pseudomonas*, and *Vibrio* although other coliforms were present.

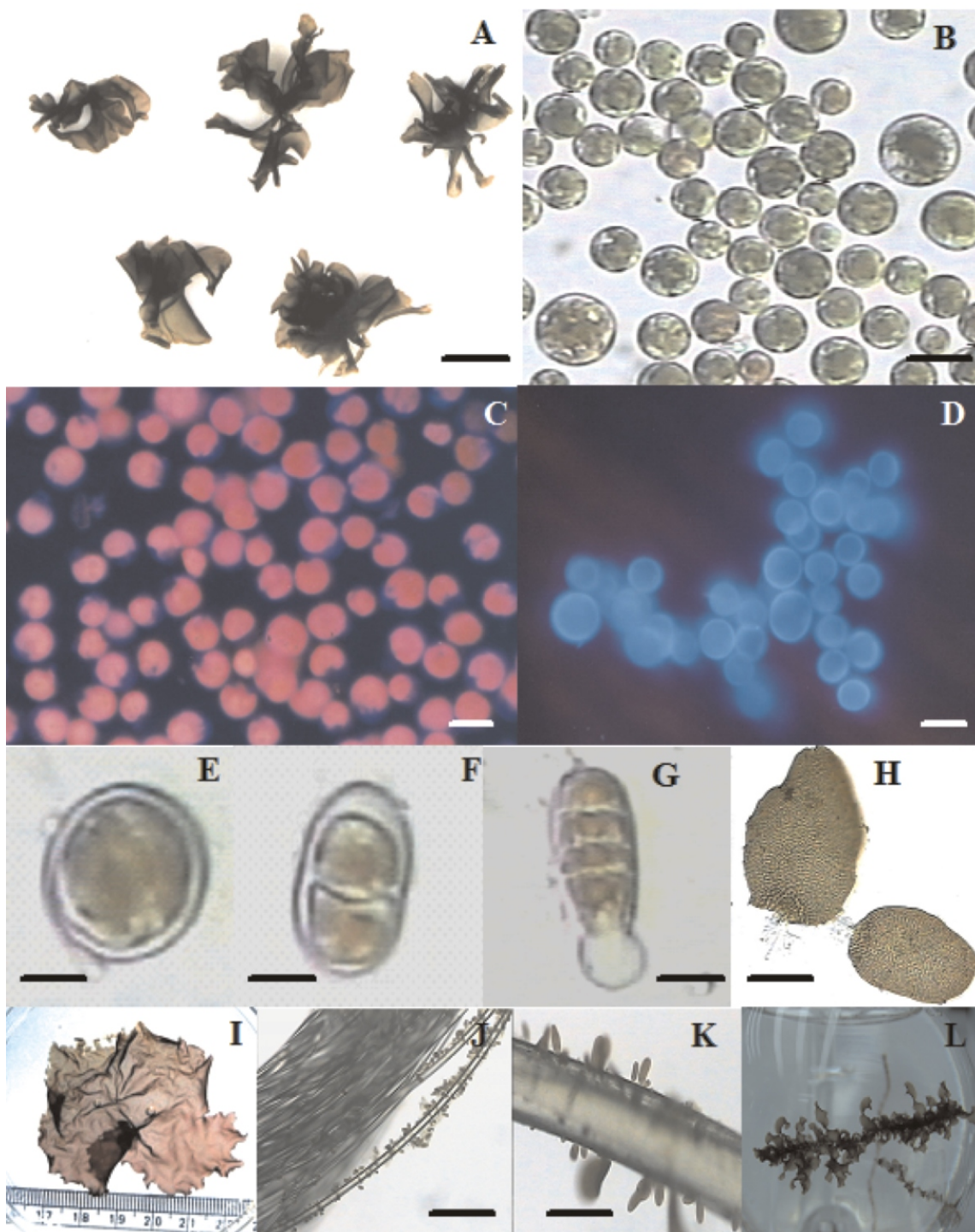
### Protoplasts as seed stock for cultivation of edible seaweeds

Protoplasts are cell wall-less living cells. The species of *Porphyra* and *Monostroma* are regarded as delicious sea vegetables and consumed directly as health foods. At present, cultivation of *Porphyra* and *Monostroma* utilizes spores as seeding material for their propagation. However, the process is time consuming and requires development of elaborate culture methods. To circumvent these problems, an attempt was made to use protoplasts of *Monostroma* as seed material. The protoplasts could be obtained using an enzyme solution containing Cellulase Onozuka R-10 (Yakult Honsha Co. Ltd. Japan) in 1% NaCl solution. Mannitol was also added and the pH suitably adjusted. For seeding purpose, the entire protoplast suspension ( $\sim 5 \times 10^6$  cells/ml<sup>-1</sup>) as obtained after purification process was gently dispensed onto a glass frame with nylon threads. The culture bowls were maintained at  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  under daylight white fluorescent lamps at  $15 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  irradiance with 12:12 h light: dark photoperiod throughout the study (*Aquaculture* 260 (1-4): 290-297, 2006). Protoplasts from *Porphyra*, another edible red alga occurring on Indian coast and popularly known as nori in Japan, could also be similarly used for seeding (*J. Appl. Phycol.* 17:331-337, 2005).



Freshly isolated protoplasts of *Monostroma* and their seeding and growth on nylon threads wound around glass frame





*Developmental morphology of isolated protoplasts from Porphyra okhaensis*

### Cultivation of *Gracilaria edulis* in Andaman & Nicobar Islands

Cultivation of *Gracilaria edulis* was demonstrated to Community Enterprise Forum Internatioanl (CEFI), Port Blair under cultivation knowhow transfer agreement. The demonstration was carried out at Badabalu and Shippighat in Andaman Islands and at Campbell Bay in Nicobar Islands. Raft cultivation (26 rafts of 3 m x 3 m size each seeded with 1.0-1.2 kg of fresh weed in two rows ) was successful at Badabalu and Campbell Bay but not at Sippighat due to low levels of salinity as a result of fresh water inflow. At Badabalu site, the plants reached to harvestable size in 40 days period (20 kg fresh/raft; 6.1 % of DGR) and there was incidence of grazing. Commercial cultivation has been initiated on the back of the success achieved.



*Gracilaria edulis* grown at Badabalu

Mr. A Tewari, CSIR -Emeritus Scientist has edited two volumes on "Indian Marine Algae with reference to Global Scenario". Vol 1 comprises of papers on : Seaweed taxonomy, Aquaculture, Resource and Environment and Vol 2. includes Application and utilization, Food and feed, Biotechnology, Chemistry, Drugs and bioactive substances.

### Grafting experiments in *Kappaphycus alvarezii*

Traditionally, grafting has been reported mainly in higher plants. No report is available on grafting in seaweeds. A successful attempt was made for the first time on different strains of *Kappaphycus alvarezii* (Pallavan Red, Pallavan Brown, Green) and control. Grafts were made as if putting two straws together; a portion of thalli of the one seaweed to be propagated was slipped onto the thalli of another. Growth rate and physico-chemical characteristics of carrageenan from the grafted plants of *K. alvarezii* were analysed.



Grafted *Kappaphycus alvarezii*

### Studies on grazing of seaweeds by herbivores.

Grazing of seaweeds by herbivores causes inconsistent crop yields that make commercial seaweed farming a less economically viable venture. To identify the seaweeds that are preferred by the herbivores, a study was carried out near the experimental seaweed farming site at Krusadai Island (9°14.823'N; 79°12.921'E), southeast coast of India where abundant populations of grazer fishes, namely *Siganus javus* (Rabbit fish), *Acanthurus* sp. (Surgeon fish), *Cetoscarus* sp. (Parrot fish) and sea urchin *Tripneustes* sp. were seen. Twenty different seaweed species covering three groups of algae were tested for this study.



*Gracilaria edulis* was the preferred choice of herbivores and  $72 \pm 17.8\%$  of its biomass ( $P < 0.03$ ) was grazed from the initial biomass of 5 g fresh wt. The corresponding grazing value for *G. dura* was  $57.4 \pm 28\%$  ( $P < 0.02$ ), for *G. corticata*,  $47.2 \pm 27.2\%$  ( $P < 0.02$ ), for *L. papillosa*,  $41 \pm 21\%$  ( $P < 0.01$ ) and for *K. alvarezii*,  $34 \pm 10.4\%$  ( $P < 0.01$ ) against their original biomass of 5 g fresh wt each. These observations suggest that grazers prefer coarsely branched, filamentous or succulent algae. Rhodophycean (red) algae were preferred over Pheophycean (brown) and chlorophycean (green) algae and this may be due to the reasons of palatability (*Curr. Sci.* Vol91(9)2006,1256-1260).



Grazed portion of *Kappaphycus alvarezii*

### Seaweed-animal interaction.

Mariculture of *G. acerosa* and *K. alvarezii* is being carried out experimentally at lower littoral zone at Ervadi. In February 2006, a thick slimy mass with deep orange to red color was found inhabiting the surface of *G. acerosa* and *K. alvarezii*. Due to this, further growth of *G. acerosa* and *K. alvarezii* was adversely affected and most of the plants fell down from the substratum with consequent loss of crop yield. Some samples of this deposition were scraped from the substratum and observed under microscope. It was found that the slimy mass is a marine sponge, *Sigmadocia pumila* LendenFeld, belonging to the family Chalinidae, Porifera. It was further confirmed that the red color pigment was due to the presence of spicules, an important character of Porifera (sponges). *G. acerosa* which was infested by *S. pumila* showed stunted growth and pale brown colour (*Curr. Sci.* in press).

### Studies on seaweed biodiversity of Gujarat coast

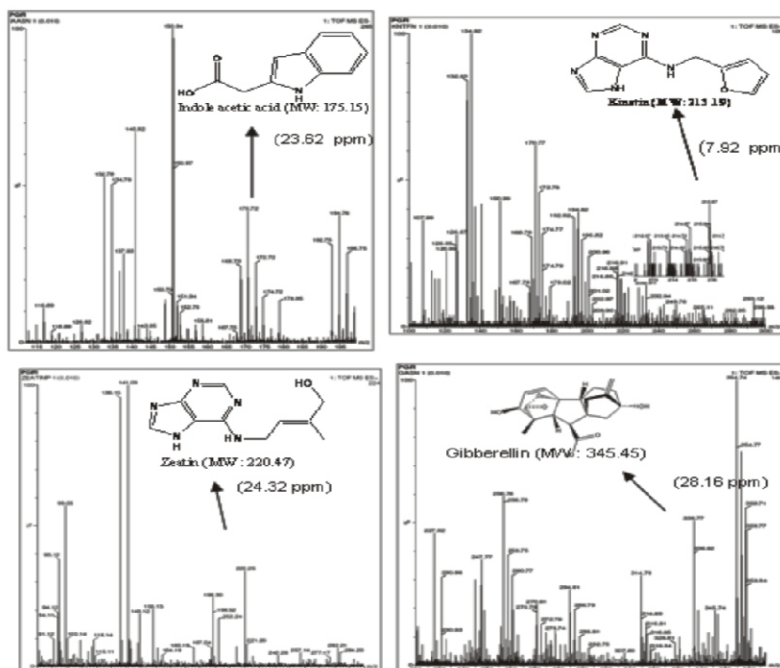
Since the marine algal check-lists prepared so far are based on secondary data collected from literature, and further given that the data is quite old, there is no guarantee that all the species listed are presently available on Indian coast. Therefore, a study was initiated to survey the seaweed flora, mainly in the Gujarat coast. So far 200 seaweed species have been collected from the intertidal zone. The collections revealed 20 new seaweed species from Gujarat and two new for Indian waters. The studies are being compiled for publication in the form of a book.

### Natural products and value addition

An US Patent (No. 6893479 May 17, 2005; EP1534757 dated June 1, 2005 and WO 2004016656) was granted for “integrated method for production of carrageenan and liquid fertilizer from fresh seaweeds” developed earlier. This technology was licensed to M/s Pepsico India Holdings Limited.

*Quantification and evaluation of plant growth regulators in Kappaphycus sap (liquid fertilizer):*

The sap was found to enhance growth of various crop plants when applied as foliar spray. Plant growth regulators such as indole acetic acid, kinetin, zeatin and gibberellin (GA3) in the sap were quantified by using Electro spray mass spectroscopy (ESI-MS/MS). The shelf life of sap with preservative was evaluated and found to be stable up to 10 months. The efficacy tests of sap was carried out by our licensee and others at different locations in field trial experiments on various crops. The data indicated significant increase in the yield of various crops (Table).



Identification and quantification of plant growth promoting substances by electrospray mass spectrometry

Yield improvements using *Kappaphycus* sap

Crop	Increase in Yield (%)	Trials location
Corn	16.1	Pepsi farm
Maize	49.9	ICAR, Jharnapani (Nagaland)
Non Basmati Paddy	18	Madras University
Basmati Paddy	15	Pepsi farm
Wheat	10.9	Pepsi farm
Brinjal	22.1	Pepsi farm
Okra	13	Pepsi farm
Okra	20.5	PDKV, Akola
Potato	26	Techno Tubers
Potato	44.6	BCKV, West Bengal
Peanut	14.5	Madras University
Chilli	11	Pepsi farm
Soyabean	13.6	Soya Producers Association
Soyabean	46.34	ICAR, Research Complex, Jharnapani
Capsicum	19.1	Pepsi farm
Sesame	27.3	CSMCRI, Bhavnagar
Tomato	60.88	RCA, Udaipur, Rajasthan
Cabbage	18.9	BCKV, West Bengal
Sugarcane	40.1	Renuka Sugars (extended to 1000 acres in 2007)

CSMCRI acknowledges all for generating and providing data.



Hand planting



Seed and furrow after spray.

## RESULTS - ATLANTIC

### Plant Survival

Plant survival was assessed at 43 days post planting. There was a recordable variation in mortality between treatments. Death was attributed to,

- 1) Fusarium infection of the seed piece, and,
- 2) Rhizoctonia girdling of sprouts and stems.

All plots and treatments had at least some seed piece and / or sprout and stem infection.

The controls and water furrow treatments recorded greatest survival at 90% +.

Plant survival declined when the seaweed product was applied to the seed and furrow



Atlantic tubers and crop at 43 days post planting



Improvements in the yield of potato using *Kappaphycus* sap.



### Granules - a raw material for $\kappa$ -carrageenan

*Kappaphycus alvarezii* granules obtained after crushing the fresh seaweed were used for preparation of semi-refined carrageenan. The residue (granules) yielded carrageenan similar to that of the whole plant. The advantages of granules are reduction in drying time, area, cost of transportation and storage. It can be directly used for gel preparation in certain applications.



Preparation of semi-refined carrageenan was carried out using whole plants and the respective granules at 20 kg raw material scale using recycled alkali in the CSMCRI pilot plant at Mandapam.

### Low Sodium salt of vegetable origin: Saloni K

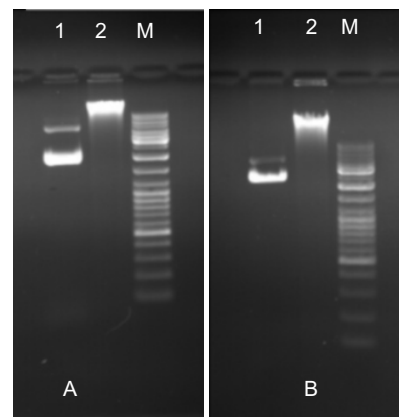
The process for low sodium salt (Saloni K) exclusively from vegetable origins has been patented (US Patent Appl. No. 2005/0220975 dated October 6, 2005; WO2005097681). Saloni K is a by-product of *Kappaphycus alvarezii* (as a source of KCl) and *Salicornia brachiata* (as a source of NaCl). The technology has been licensed to a local small scale Industry, M/s N M S Pharma, Bhavnagar who is now marketing the product.

The main advantages of the salt are (a) vegetable in origin (b) both the plant sources grow on saline soils/seawater and hence not competing with other crops for land and water (c) the process of preparation of salt is benign (without use of any chemicals) and (d) the presence of micronutrients not found in sea salt. The salt can be customized for desired ratios of NaCl and KCl. The salt is free flowing and does not need any additive for the purpose. Test marketing done by M/s Pepsico International (PI-India Snacks) showed people's preference (2:1) for potato chips containing Saloni K to regular table salt. Analytical and sensory results indicated that Saloni K scored significantly better performance over control.

### Agarose

The process for extraction of agarose from *Gracilaria dura* has been patented [US Patent 2005/0267296 A1 (pre-grant); December 1, 2005; PCT: W0 2005/118830; December 15, 2005]. Agarose prepared from both wild and cultivated seaweed was comparable in all respects. The CSMCRI agarose (AS0505105) was found comparable with that of Sigma (A9539) in user's trial with respect to DNA separation and downstream processing.

Comparative agarose gel electrophoresis in TBE buffer (pH-8.0) at 50 Volt for 1 h. **A:** Sigma agarose (A9539) gel 0.8% **B:** CSMCRI agarose (AS0505105) gel 0.5% [Lane-1: Plasmid pBluescript; Lane-2: Genomic DNA; Lane-3: Molecular weight marker (1kb DNA Ladder)]





### Modification of seaweed polysaccharides

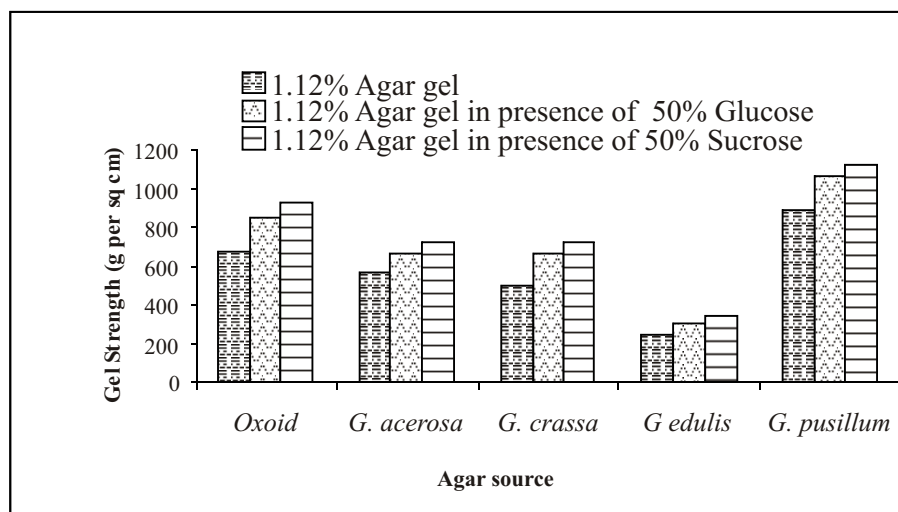
Seaweed polysaccharides e.g. agar and carrageenan were modified using different substrates to impart various properties e.g. hydrophobicity and changes in physicochemical properties for newer applications. Two types of modifications were carried out: physical and chemical.

#### Physical modifications

**A. Agar-surfactant interaction:** It was found that nonionic surfactants e.g. Brij35 and Triton X-100 lowered the viscosity and gel strength of agar while ionic surfactants increased the latter values with an exception to SLS. The phenomenon of lowering of viscosity of agar sol in the presence of nonionic surfactants was beneficially exploited in the agar extraction process with 50% lower quantity of water in presence of Triton X-100 as well as Brij35, which were removed later by water wash during the downstream process (*Int J Biol Macromol*(2005), 35, 135-144).

**B. Agar-fatty acid complexes:** Adducts were prepared with agar and four saturated (C12:0-C18:0) and one unsaturated fatty acid(s) (C18:1). It was observed that fatty acids impart enhanced gel thinning under applied shear with respect to agar, and this effect may be utilized to explore newer application of agar in cosmetics and health care products (*Polymer Journal* (2005) 37, 826-832).

**C. Agar-sugar complex:** “Sugar reactivity” of agar prepared from Indian agarophytes e.g. *Gelidiella*, *Gracilaria*, *Gelidium* species, were studied in the presence of sucrose and glucose. It was found that all agars had “sugar reactivity” in different degrees with 20-45% increase in gel strengths of a particular agar in the presence of sugars. These results would be useful in food applications of Indian agars (*Food Hydrocolloids*(2006) 20, 1206-1215).



Effect of sugars on the gel strength of agar gels (in 1.12% gel at 20°C) obtained from different Indian agarophytes (*Gelidiella acerosa*, *Gracilaria crassa*, *Gracilaria edulis* and *Gelidium pusillum*) and on Oxoid agar gel

### D. Kappa-carrageenan based capsules

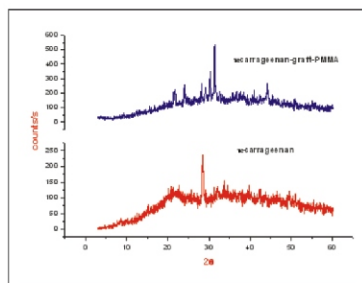
Hard capsule shells were prepared from semi-refined  $\kappa$ -carrageenan, in a collaborative project with a pharmaceutical industry who is evaluating the performance of the capsule shells, for pharmaceutical applications.



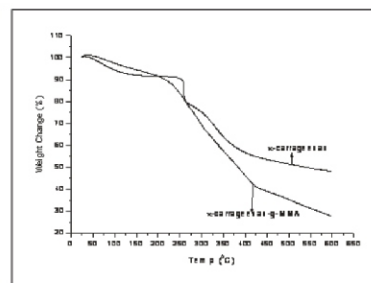
Semi-refined  $\kappa$ -carrageenan based hard capsule shells

### Chemical modifications

Carrageenan-*graft*-PMMA: Under microwave conditions carrageenan was grafted with methyl methacrylate (MMA) in the presence of initiating system potassium persulphate (KPS) with grafting efficiency, E 99%. The hydrophobized product has enhanced crystallinity and decreased thermal stability compared to carrageenan (*J Appl Polymer Science* (2006) 101, 161-166).



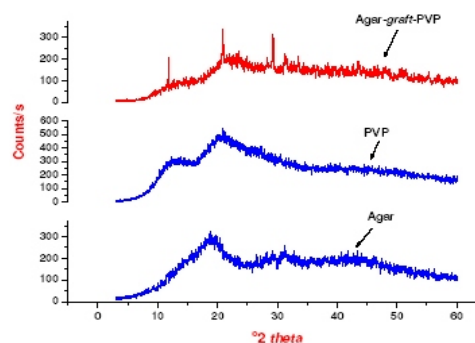
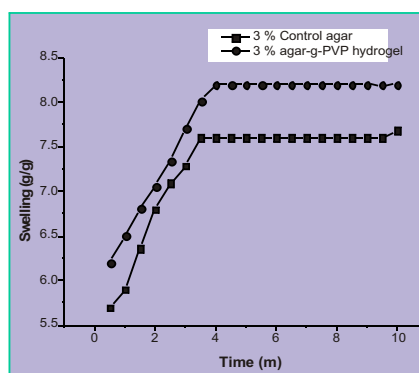
XRD Patterns



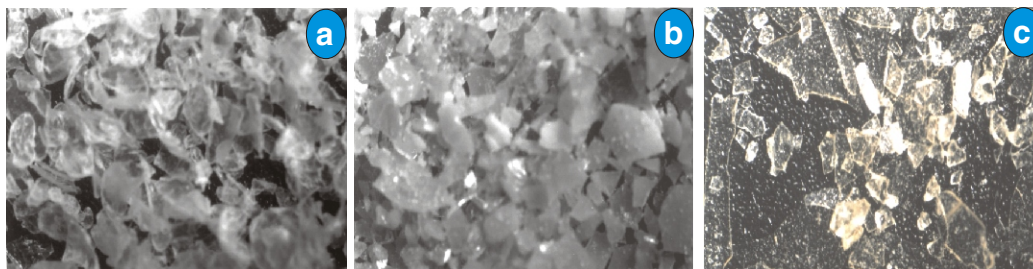
TGA

XRD and TGA profiles of carrageenan-*graft*-PMMA

Agar-*graft*-PVP and Carrageen-*graft*-PVP Hydrogels: Polyvinyl pyrrolidone (PVP) grafted agar and carrageenan were prepared under microwave conditions in the presence of potassium persulphate.



Swelling properties and XRD patterns of agar-*graft*-PVP

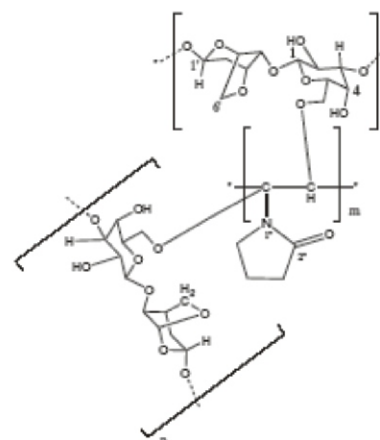


Optical micrographs (a) agar; (b) PVP (c) agar-graft- PVP copolymer

The PVP grafted agar and carrageenan formed hydrogels showed more water holding capacity, enhanced swelling properties, less syneresis and enhanced crystallinity in comparison to the parent polysaccharides. The swelling properties and XRD patterns as well as optical micrographs of agar-*graft*-PVP are shown in the figures. The carrageen-*graft*-PVP exhibited similar properties (*J Appl Polymer Science* (2006) 102, 3654-3663).

#### Drugs from the Sea Project (MoES):

Seaweeds were collected from the Gujarat, Goa, Maharashtra and Tamil Nadu coasts. These were identified and extracted with methanol and water. The extracts were sent to CDRI and other participating laboratories for bioassay for antibacterial, antiviral, cytotoxic, anti-hyperglycemic, antiparasitic activities. Some extracts showed activities in preliminary tests, but in subsequent tests they were inactive. Work is going on to collect algae from deeper waters and those seaweeds which have not been collected and extracted so far.



Agar-graft-PVP

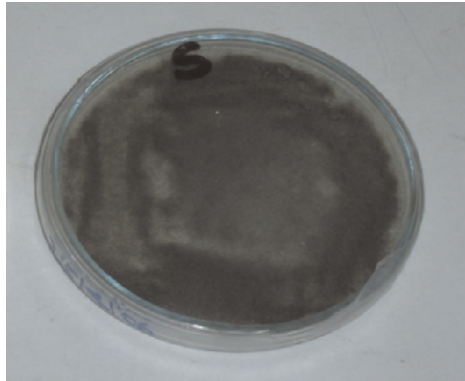
#### Marine Microbiology:

**Emulsifying activity of EPS from *Enterobacter cloacae*:** Exopolysaccharide produced by *Enterobacter cloacae* exhibited high heavy metal chelating property and emulsifying activity with hexane, benzene, xylene and different oils (*Mar Poll. Bull.* 49:974-977,2004; *Mar Poll. Bull.* 50: 340-343, 2005). Emulsions with ground nut oil and hexane were stable for 10 days in a wide range of pH (2-10) in the presence of 0.5-5.0% NaCl (*Enzyme and Microbial Technology*, 38:220-222, 2006).

**Carrageenase and agarase:** Marine bacteria producing carrageenase and agarase were isolated from west coast of India and identified using 16S rRNA gene sequence homology. The most promising carrageenase and agarase producing isolates were *Pseudomonas elongata* and *Bacillus megaterium*, respectively. Using statistical Plackett-Burman model and Central Composite Design, the culture medium composition was optimized for maximum production of carrageenase and agarase (Filed US, PCT and Indian patent No. 0858/DEL/2005 dated 28 Mar 2006; *Enzyme and Microbial Technology*, doi:10.1016). Carrageenase producing *Pseudomonas elongata* / *Microbulbifer elongatus* has been deposited with MTCC, Chandigarh (No. MTCC 5161).

**Marine Fungi:**

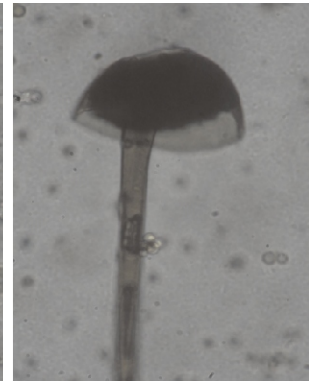
Six marine fungi were isolated from seawater and sediment samples collected from west coast of India. These isolates are being evaluated for bioremediation of heavy metals and poly aromatic hydrocarbons.



Marine *Aspergillus niger*

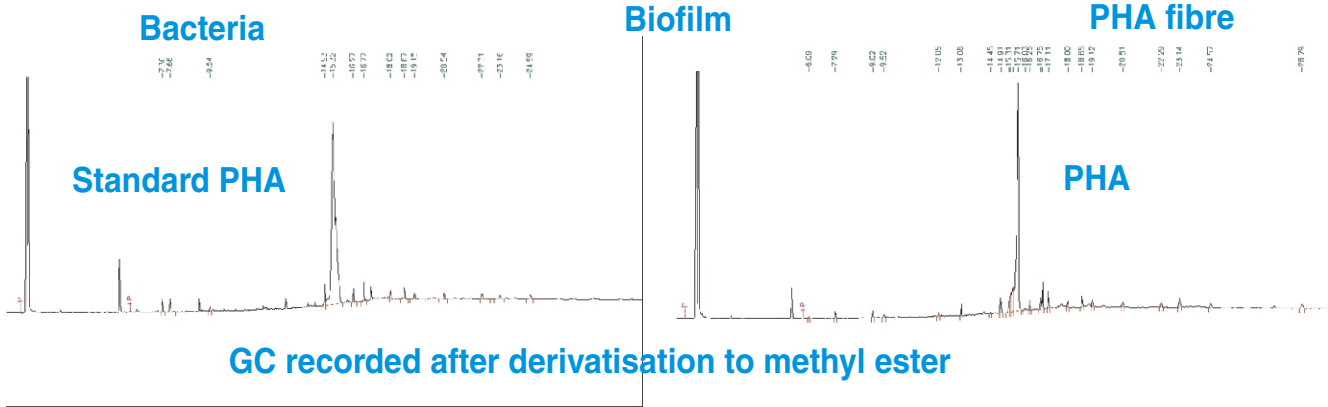
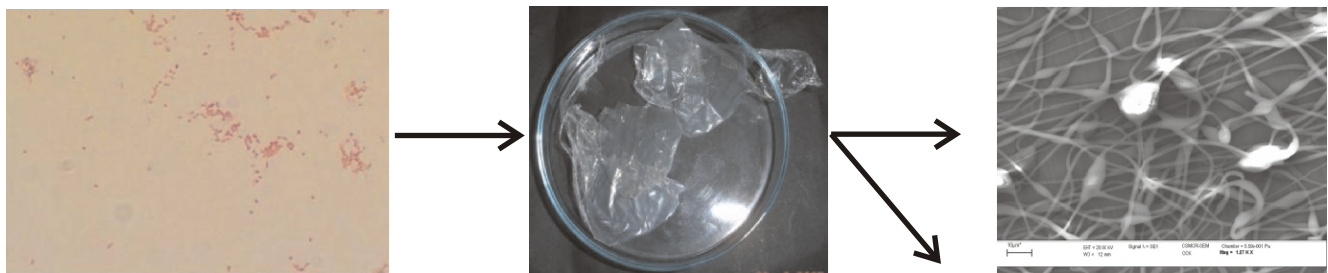


Microscopic view of *A. niger*



**Microbial synthesis of polyhydroxy alkanate (PHA) from crude glycerine**

Promising strains of microbes like *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Spirulina* and their consortium were used for the conversion of crude glycerine into biopolymers after screening their capacity to grow and utilize glycerol as a source of carbon.



PHA fiber formation through electrospinning (Courtesy Prof. T.S. Natarajan, IIT Chennai)



### Marine Environment:

#### Bioremediation of heavy metals using marine fungi and seaweeds

Bioremediation of heavy metals from aqueous solution was studied using dead biomass of different marine fungi. Of the fungi screened, *Aspergillus niger* was found to be the most promising one. This culture could remove as much as 117.33 mg Cr (VI) and 40.53 mg Hg (II) per gram of dead biomass under optimal conditions.

The sorption of Cr (VI) by chemically-modified marine brown algae *Cystoseira indica*, was studied with variation in the parameters like contact time, pH, initial metal ion concentration and solid /liquid ratio. It was observed that the Cr (VI) adsorption was strictly pH dependent. Biosorption performances are studied in terms of kinetic and sorption isotherms. The kinetic data were well-described by pseudo-second-order, Elovich and power function models for the sorption of Cr (VI). The intra-particle diffusion study revealed that film diffusion might be involved in Cr (VI) sorption. Among the two-parameter models, the Langmuir model produced the best fit, while, among the three-parameter models, the best fit is produced by the Khan model.

#### Heavy metal content of suspended particulate matter (SPM) of Alang-Sosiya Ship breaking yard

Accumulation of trace metals in suspended particulate matter of air is of serious concern. The average concentration of SPM within the ship-breaking yard during the investigation period was  $287.5 \pm 20.4 \text{ g m}^{-3}$  and at reference station (Gopnath) was  $111.13 \pm 5.81 \text{ g m}^{-3}$ . The levels of heavy metals at Alang Sosiya are high as compared to US EPA and WHO guidelines. The results on enrichment factors (EF) suggest that most of the metals in the ship-breaking yard exhibit EF values of higher than 100 which is presumably due to ship-breaking activities (*Water, air and soil pollution*, doi: 10.1007)

#### Consultancy projects

Twenty six environment related consultancy projects, including environment audit, EIA, base line studies, marine monitoring and selection of marine outfalls, for various well known industries of Gujarat were successfully completed.

## DISCIPLINE OF WASTELAND RESEARCH

### I) Collection and multiplication of quality plant material of *Jatropha*

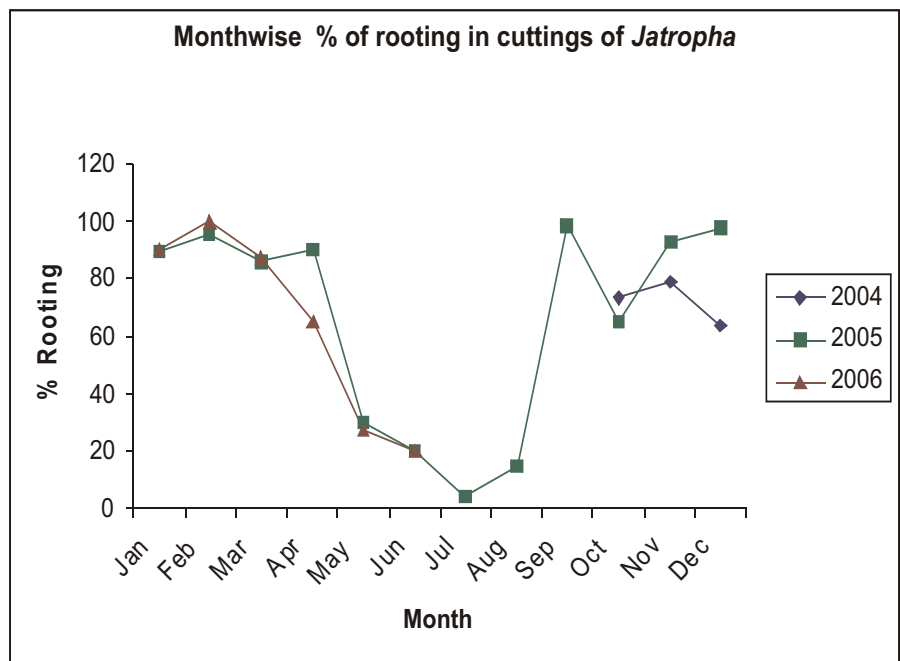
Additional germplasm from Rajasthan, Gujarat, Chhattisgarh, Andhra Pradesh, Tamil Nadu, Madhya Pradesh, Uttar Pradesh, Kerala, Maharashtra, Karnataka and Orissa were collected as cuttings and planted both in sub-humid (Orissa) and semi-arid (Gujarat) conditions to assess the performance.

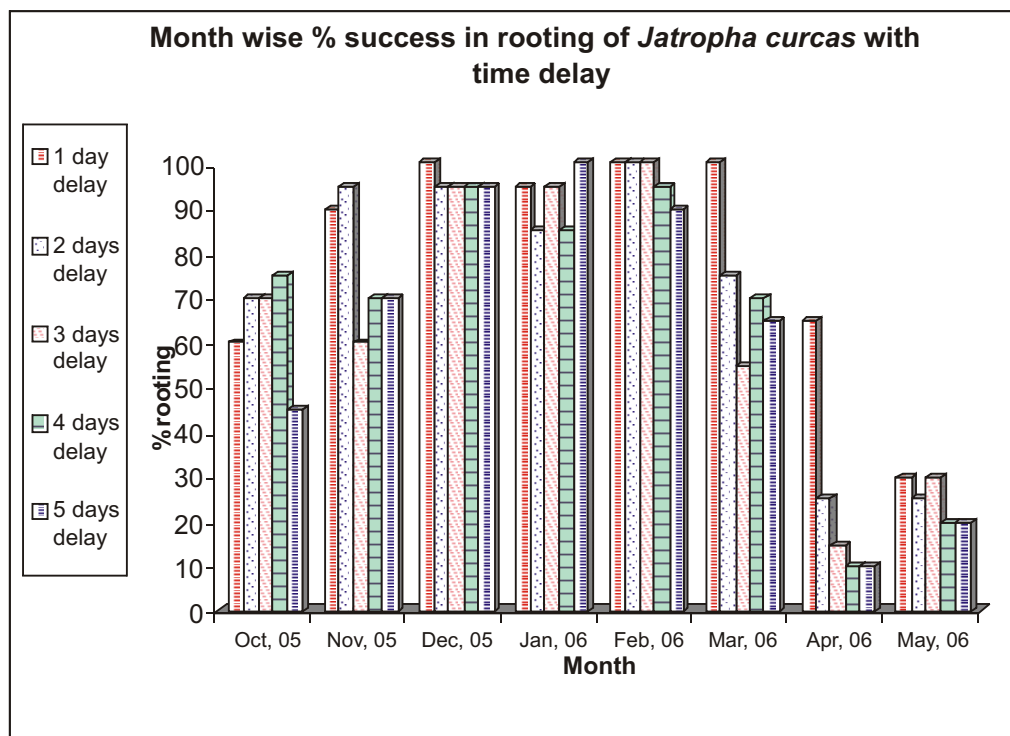
From the selected plants, approx. 50,000 cuttings and 35,000 seedlings were raised and established in 50 hectares each in Gujarat and Orissa with different agronomical experiments to develop suitable agro-technology for cultivation on wasteland.



*Jatropha* nursery raised from selected plants a) Seedlings b) Cuttings.

To know the suitable time of cuttings and the effect of storage on rooting efficiency, cuttings were collected round the year and planted after storage from 1-5 days. It was observed that the best time of cutting was from October to February. The rooting was observed even up to 5 days of storage; however the rooting percent decreased with increasing storage time.





## II) Agronomic trials

Physico-chemical properties of the soil in both Gujarat and Orissa were determined before planting and it was observed that the soil contains 26-55% of stones and is low in N and P.

Characteristics	Chorvadla, Gujarat	Berhampur, Orissa
pH	7.1-7.5	4.7-5.4
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.1-0.3	0.1-0.2
O.C. (%)	0.41-0.68	0.99-1.43
CaCO <sub>3</sub> <2mm (%)	3.0-11.0	-
Concretion >2mm (%)	26-55	9.8-40.8
CEC [cmol (p+) kg <sup>-1</sup> ]	25.91-31.65	9.25-224.87
Textural class	Sandy loam	Clay loam
Available N (kg ha <sup>-1</sup> )	165-192	206.97-275.9
Available P (kg ha <sup>-1</sup> )	2.0-4.11	1.5-4.13
Available K (kg ha <sup>-1</sup> )	261-334	209.5-272.8
Available Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	2.24-3.48	0.41-3.06
Available Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	7.04-8.94	19.05-35.76
Available Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	13.85-27.13	33.4-59.9
Available Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	0.12-0.18	0.21-1.04



Degraded land at Chorvadla, Bhavnagar (Gujarat) prior to *Jatropha* cultivation



*Jatropha* plantation at Chorvadla, Bhavnagar

Under agro-technology development, experiments regarding fertilizer requirement, spacing, irrigation, mulching, biofertilizers and intercropping were undertaken. In fertilizer trial, during 2005-06, combined application of 60 kg N and 30 kg  $P_2O_5$  per ha. recorded the highest seed yield of 518.5 kg per ha which was 163.5% higher over absolute control ( $N_0P_0$ ).

Spacing experiments revealed that seed yield per plant increased significantly with increasing spacing. The highest seed yield per plant (94.23g) was obtained under the widest spacing (3m x 2m), followed by 2m x 2m spacing (82.26g). It was observed that spacing of 1m x 1m becomes too crowded during second year itself hence this spacing is recommended only as a live hedge.

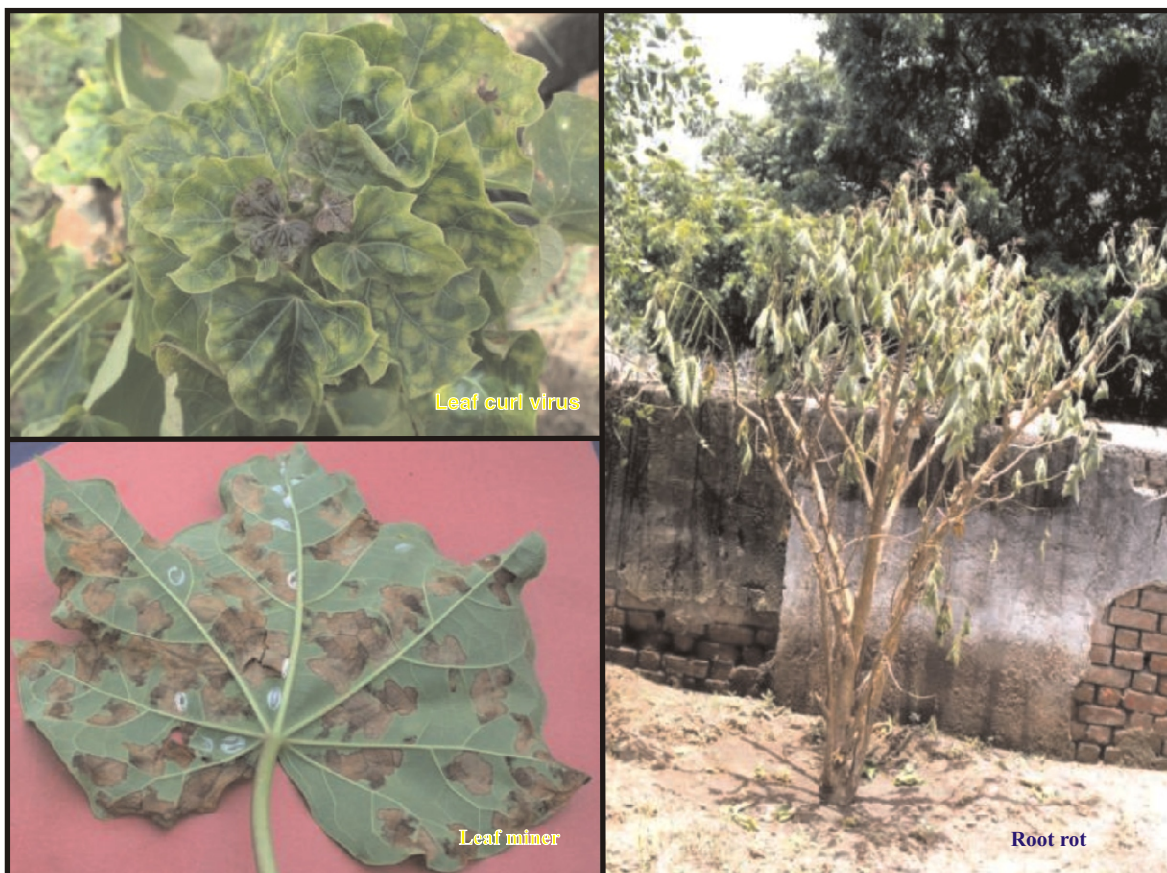
Experiments conducted to study the effect of irrigation during non-rainy days revealed that application of irrigation increased the seed yield over control (rain fed). The highest seed yield per plant (107.58g) was obtained with irrigation applied at 0.75 IW/CPE ratio (irrigation water/cumulative pan evaporation), closely followed by (101.44 g plant<sup>-1</sup>) under 0.5 IW/CPE. The use of mulch also increased the seed yield over non-mulched treatments by 11.2%.

Bio-fertilizers like rhizobacteria (*Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.) and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) were applied to *Jatropha* to evaluate the role of bio fertilizers. It was observed that N, P, Zn and Cu contents in leaves were significantly increased due to soil inoculation of above bio-fertilizers. The *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculation alone increased N content by 20.47 and 8.39 per cent, respectively over control; co-inoculation of both *Azotobacter* and *Azospirillum* increased N content by 19.13 per cent over control.

To assess the possibility of intercropping during the initial years of *Jatropha* cultivation various pulses as intercrop were cultivated at Humma, Orissa. The seed yield obtained was significantly higher with black gram (789 kg ha<sup>-1</sup>), followed by green gram (729 kg ha<sup>-1</sup>), bengal gram (726 kg ha<sup>-1</sup>) and peas (645 kg ha<sup>-1</sup>) as intercrops.

In *jatropha* plantation, diseases like leaf curl virus, root rot and pest like leaf miner were observed. Appropriate control measures were taken to protect the plantation.





### III) Farmers training

On site training was organized during March 2006 at Gujarat to provide information on cultivation of *J. curcas* on marginal lands. Farmers were demonstrated the method of raising nursery, transplantation in the field and maintenance of plantation. Farmers were also provided the pamphlet in Gujarati containing the preliminary detail of package of practice for *Jatropha* cultivation.

### IV) Genetic improvement in *Jatropha*

#### a) Provenance trial for yield improvement

A provenance trial with 23 genotypes was initiated at village Chorvadla, Gujarat (semi arid conditions) to select the best genotypes during August 2004 taking the advantage of rains. Data for male and female flowers ratio were recorded during 2004-05 and 2005-06. During first year, it ranged from 18.2:1 to 30.8:1 with mean value of 24.65:1 while it decreased to almost half 9.77:1 to 16.23:1 with a mean value of 13.0:1 in the second year. Various yield parameters were also studied during different years and it was observed that fruiting occurred in plants after about 6 months of transplantation. However, the yield per plant was very low. During second year highest seed yield (223.56 g/plant) was recorded in the provenance CSMCRI-2 while, it was lowest (49.21 g/plant) in Guj F-5.

The oil content in above provenances ranged from 26.73 % to 34.90%. Correlation coefficients were determined to understand the association between morphological as well as yield contributing characters and it was observed that maximum correlation value was observed between no. of capsule per plant and no. of seeds per plant (0.997\*\*) followed by number of seeds per plant and seed yield (0.992\*\*) and no. of tertiary branches and seed yield per plant (0.869\*\*).

Provenance trial conducted under sub-humid conditions at Berhampur, Orissa revealed that among the genotypes tested, VP- 2 planted in August 2000 gave seed yield of 1.95, 1.08 and 1.45 kg per plant during 2003-04, 2004-05 and 2005-06 respectively. Similarly CP-9 and CP-13 planted during January 2003 yielded 0.26 and 0.28 kg/ plant respectively during 2005-06 as compared to other selections.



Fruiting in 3 years old *Jatropha* raised through cutting- (selection CP-9)

### b) Breeding for high productivity

Selected provenances of *Jatropha* were assessed for robustness, number of primary/ secondary branches, and number of female flowers per inflorescence, M/F ratio, higher 100 seed weight and oil content in order to identify the desirable characters for intra specific hybridization.

Eight single crosses were made using 7 parents from selected provenances. The F1 seedlings were raised and transplanted in the field. Seed oil content in all the F1 seeds was more as compared to their parents except in one combination. Cross CP17 X Zan was proved to be the best for all the desirable traits. F1 plants are growing in the field and further studies are in progress.



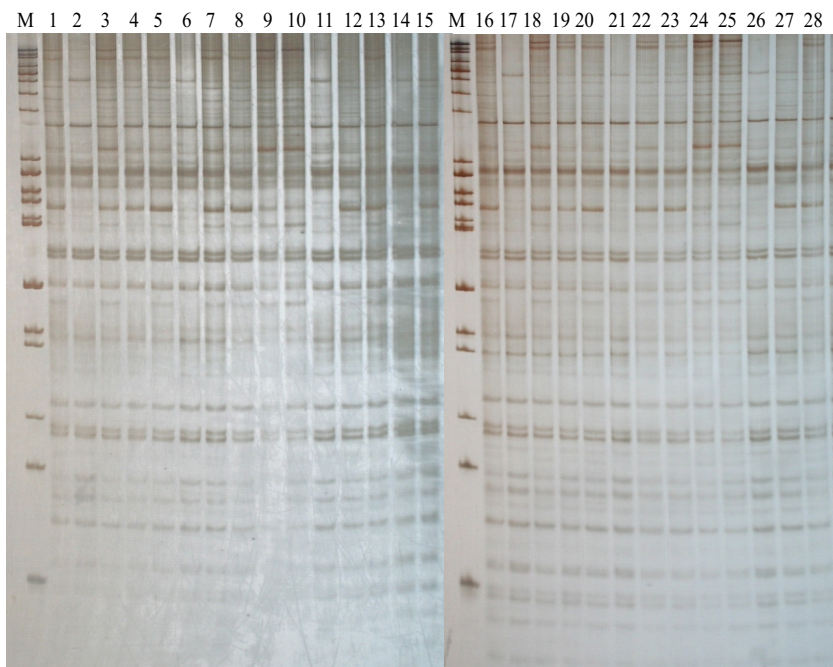
F1 hybrid plants growing at Chorvadla experimental site, Gujarat.

Performance of various crosses for yield characters and oil content

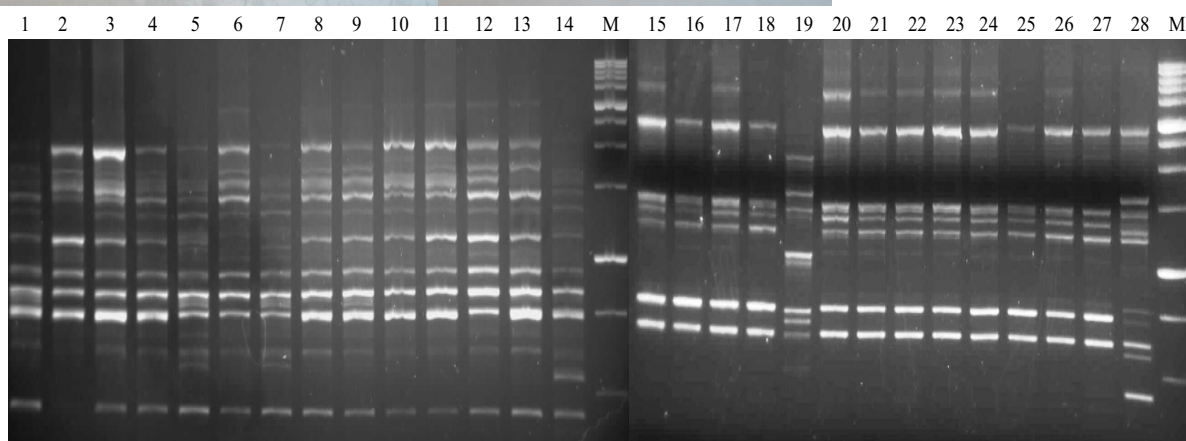
Sr. No.	Name of the cross	No. of female flowers operated	(%) Fruits set	Seed weight (gm)	Seed weight per capsule (gm)	Oil-content of seed	Seed to shell ratio
1	Ran× PCM	64	47 (73)	48.18	1.03	31.39	58:42
2	PCM× Ran	63	47 (75)	87.28	1.36	27.50	56:44
3	Sham× Kang	55	33 (60)	47.71	1.45	31.32	59:41
4	Kang×Sham	57	36 (63)	43.48	1.21	32.06	57:43
5	CP9 × CP13	68	59 (87)	72.09	1.22	34.90	62:38
6	CP13 × CP9	57	41 (71)	56.98	1.39	34.09	60:40
7	CP17 × Zan	38	33 (87)	58.39	1.77	34.73	65:35
8.	Zan ×CP17	52	46 (88)	46.36	1.01	34.34	58:42

### V) Genetic variability studies

DNA was isolated from *J. curcas* for genetic variability studies. Using AFLP and RAPD techniques genetic diversity studies were initiated in 28 representative accessions collected from different geographical regions of India including a non toxic Mexican cultivar. The overall percentage of diversity among the Indian germplasm was found to be 50.70% with RAPD and 45.50% with AFLP analysis. In total 66 RAPD, 238 AFLP polymorphic markers were identified which may have applications in generation of specific DNA markers for breeding.



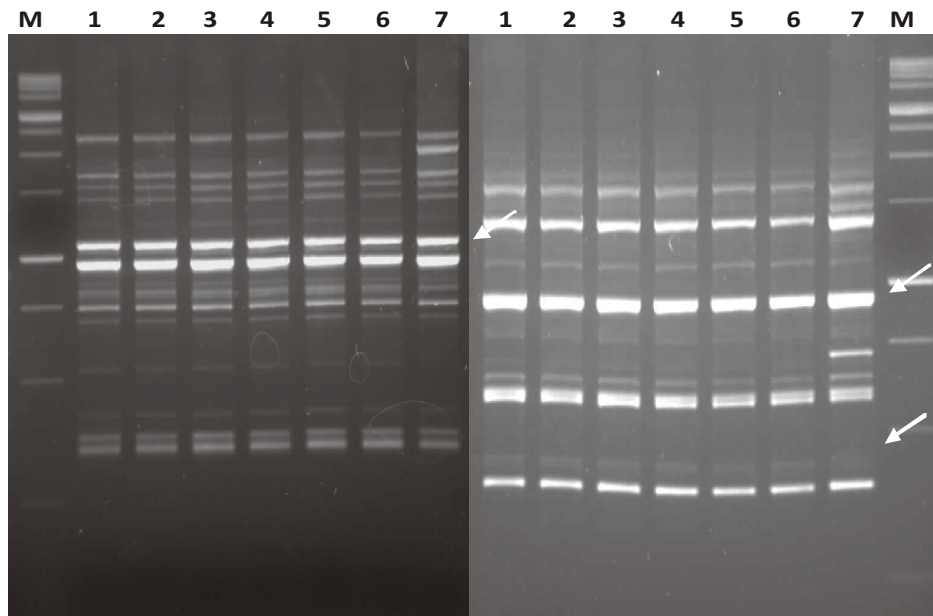
AFLP profile of *jatropha* accessions (1-28) collected from different geographical regions of India; M-1kb+100 bp standard markers mix (Biogene, USA).



RAPD profile of *jatropha* accessions (1-28) collected from different geographical regions of India; M- 1 kb standard marker (Biogene, USA).

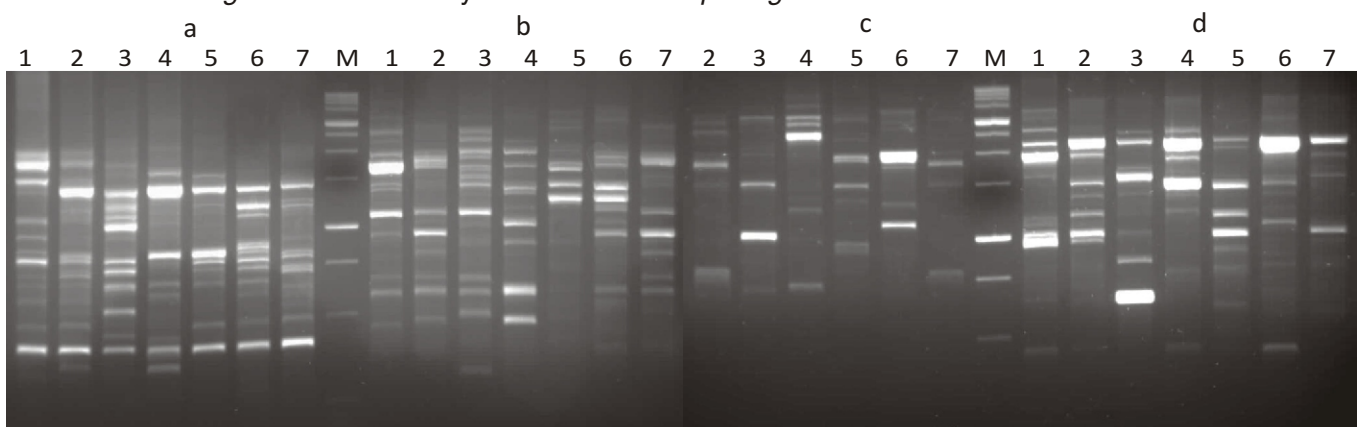
Markers specific to toxic and non-toxic cultivars of *J. curcas* were sorted out from the identified polymorphic markers.





RAPD profile by primer A : RAPD profile by primer B;  
1-6: Toxic, 7-Non-toxic cultivar of *Jatropha*; M: 1kb marker (Biogene, USA).

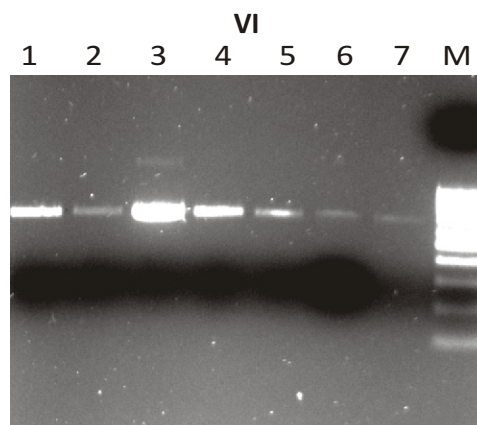
The extent of the genetic diversity in the genus *Jatropha* was also studied with the help of RAPD to identify specific markers for the genus which intern can be used for the improvement of the species. Totally 7 species of *Jatropha* namely *J. tanjorensis*, *J. curcas*, *J. glandulifera*, *J. gossypifolia*, *J. multifida*, *J. podagrica*, *J. integerrima* were undertaken for the analysis. Collectively 91.5% genetic polymorphism was observed in the genus and the mean percentage of the polymorphism was found to be 67.7 %. Minimum percentage of polymorphism (53%) was observed between *J. curcas* and *J. integerrima*. The highest genetic similarity of 0.64 was observed between *J. integerrima* and *J. curcas* and the lowest (0.38) between *J. multifida* and *J. tanjorensis*. Phylogenetic analysis shows maximum similarity between *J. curcas* and *J. integerrima* followed by *J. multifida* and *J. podagrica*.



1- *J. tanjorensis*, 2- *J. curcas*, 3- *J. glandulifera*, 4- *J. gossypifolia*, 5- *J. multifida*, 6- *J. podagrica*, 7- *J. integerrima*, M-1 kb DNA Ladder; a, b, c, d - RAPD profiles of different primers.



Diversity study through the variable region of the genome like ITS (Internal Transcribed Spacer) was also undertaken and the ITS regions were amplified for all the 7 species of *Jatropha* and sequenced. The ITS sequence of *J. multifida* was submitted to NCBI (accession No. EF599630) and the others are in the process of analysis.



Amplified products of ITS region(650 bp). 1- *J. tanjorensis*, 2- *J. curcas*, 3- *J. glandulifera*, 4- *J. gossypifolia*, 5- *J. multifida*, 6- *J. podagrica*, 7- *J. integerrima*, M-100 bp marker.

ORIGIN

```

1  cgcgcgctac  actgatgtat  tcaacgtgac  tgcacagcag  atgactcgcg  acaactatac
61  atctgctaga  gggctagagc  tcaaggggtc  ttcggccccc  tcgcgacaga  gcccaaaggg
121 ttgtgtctaa  tggactggg  attcgcctca  gcccttcccg  cacgctcgac  ccaatcctcc
181 aaccaaccct  agttcaagac  gcaccaagga  aacacgaaac  gagaaaagcg  cactcccgtc
241 ggccccgaaa  atgggcgact  gcgaggatgc  atcgtcctcc  gtctattgcc  aaaatgactc
301 tcggcaacag  atatctcagc  tctcgcacgc  atgaagaacg  caatgaaata  cgatacttgg
361 tgtgaattat  agactctcgc  gaaccatcga  gtctttcaat  gcatgttgcg  tccaaagcct
421 ttggatgagg  aagcgtttga  tcgggtgtca  cgcaatgtca  ctcccacctc  attagggggc
481 agatthtggc  cttccatacg  ttggtcacct  gcagtcggcc  caaaagcaaa  ctatcggttg
541 gaatggcacg  acaatccgtg  gtcaagaccc  tggagacaca  gtcggcgcga  tccgccaac
601 aacctacggt  ggtcggctaa  gtcattaacc  ggacgcctca  catcgcgacc  ccagg

```

1: [EF599630](#) Reports

[Links](#)

***Jatropha multifida* internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2, complete sequence**  
[gi|147744700|gb|EF599630.1|\[147744700\]](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/gi|147744700|gb|EF599630.1|[147744700])

### VI) Micropropagation of *Jatropha*

Micropropagation of *Jatropha* was standardized using *shoot* tips, auxiliary buds and nodal segments using MS medium supplemented with different combinations of hormones and nutrients. Using the protocol developed in the laboratory approximately 500 plantlets from selected high yielding plants were generated. The first lot of hardened plants was successfully transplanted on wasteland in 2006 and is doing well. Methodology is being perfected to achieve high multiplication rate. Tissue culture is vital for large scale multiplication of elite plants retaining the traits of the mother plant.



Induction of multiple shoots



Rooting



Tissue cultured plants in Poly bags



Tissue cultured plants in the field

### VII) Effect of *Jatropha* cake on different crops

In the biodiesel preparation after expelling the seeds for oil more than 70% deoiled cake is produced. Since *Jatropha* deoiled cake is rich in nutrients, efforts were made to use *Jatropha* cake as an organic manure. From the experiments it has been observed that the yield of pearl millet, cotton seed and sesame seeds increased to 11.3%, 15.20%, and 14.30% respectively over controls.

Effect of *Jatropha* cake on yield of pearl millet, sesame and cotton

Sr. No.	Crop	Application (t/ha)	Yield (t /ha)		% increase over control
			Control	Treated	
1	Pearl millet	1.5	1.90	2.15	11.30
2	Cotton	2.0	1.65	1.90	15.20
3	Sesame	1.0	0.56	0.64	14.30

#### a) Interaction of inorganic N and *Jatropha* cake on seed yield of sesame

In sesame, combined application of lower dose of inorganic nitrogen ( $25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) along with *Jatropha* cake @  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$  gave better seed yield ( $813.9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) than application of higher dose ( $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) of inorganic nitrogen which yielded  $766.7 \text{ kg ha}^{-1}$ . *Jatropha* cake @  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$  was at par with castor cake applied at  $1 \text{ t ha}^{-1}$  and FYM @  $5 \text{ t ha}^{-1}$ .

Effect of *Jatropha* cake in combination with inorganic N on seed yield of sesame

Inorganic N fertilizer	0 kg N/ha	25 kg N/ha	50 kg N/ha
Organic source			
Control (No organic manure)	475.1	578.9	766.7
<i>Jatropha</i> cake @ 1t/ha	660.8	694.0	754.5
<i>Jatropha</i> cake @ 1.5t/ha	748.6	813.9	829.0
Castor cake @ 1t/ha	697.4	799.1	826.3
FYM @ 5 t/ha	681.1	803.8	810.0
Standard Error of mean ( $\pm$ )	17.4		

b) Studies on nematicidal activities of *Jatropha* cake

A trial was undertaken at Anand Agriculture University, Anand, Gujarat to study the effect of deoiled cake on root-knot disease in tomato. It was observed that *Jatropha* cake applied @ 3 t ha<sup>-1</sup> to the tomato crop could successfully control root knot nematode and was comparable to the chemical method of control (Carbofuran) and also at par with neem cake (2 t ha<sup>-1</sup>). Tomato yield significantly increased over control with the increase in dose of cake.

Treatment	RKI (0-5)*	Tomato Yield (kg ha <sup>-1</sup> )
<i>Jatropha</i> cake @ 1.0 t ha <sup>-1</sup>	3.54	27006
@ 2.0 t ha <sup>-1</sup>	3.11	29815
@ 3.0 t ha <sup>-1</sup>	2.84	32716
Neem Cake @ 2.0 t ha <sup>-1</sup>	2.94	39568
Carbofuran @ 2.0 kg ha <sup>-1</sup>	2.31	37037
Control	5.00	18271
S. Em. $\pm$	0.24	1729

\* Root Knot Index

## VIII) Bio-diesel

An important component of *Jatropha* cultivation on wasteland is to integrate the project with bio-diesel preparation and to attain bio-diesel quality that would allow its neat application in unmodified engines so that rural communities can directly utilize the local produce, besides the use of the fuel in advanced automobiles. In the process the seeds are expelled, the raw oil is then refined and a bio-diesel yield of 95-96% (w/w) with respect to refined *Jatropha* oil has been realized with EN14214 and ASTM specifications.

DaimlerChrysler undertook vehicle tests using two Mercedes Benz C 220 CDI cars (without engine modification) with CSMCRI's neat biodiesel during April-May, 2004. Over 6000 km was covered, the mileage was comparable to that found with diesel (liter for liter *Jatropha* bio-diesel has ca. 91.8% of the calorific value of fossil diesel), and no problem of any kind was encountered during the trip.

Emission test results (conducted jointly with ARAI, Pune) were also encouraging, particularly the dramatic reduction in hydrocarbon and particulate emissions. Following successful lowering of the pour point of the biodiesel, in collaboration with Lubrizol India, test runs of the above C class Mercedes cars and a Viano van were initiated by DaimlerChrysler India in Leh in August 2005 to ascertain performance at high altitude in rarefied atmosphere. The high point of the trials was the successful test drive by renowned auto journalists to Khardungla pass, the highest (18,380 ft.) motorable road in the world. The auto journalists have narrated their experience in leading auto magazines and national daily newspapers. Each of the vehicles has completed over 40,000 km road trials till today using the neat biodiesel. On the request of the Austrian Biofuels Institute, 800 liters of *Jatropha* methyl ester was sent to Austria in 2005 for evaluation under an EU project. The CSMCRI biodiesel outperformed other EN14216 grade biodiesel from rape seed oil, animal fat, coconut oil and soya bean oil in terms of engine power output, efficiency and 16-days continuous running tests (tests conducted in all cases with neat biodiesel on HATZ 1D41Z 4 stroke engine; data courtesy Austrian Biofuel Institute). CSMCRI too has been plying its Toyota Qualis on neat biodiesel since August 2006 and over 30,000 km run has been completed with mileage comparable to that with fossil diesel. No modification of any kind was made on the vehicle.

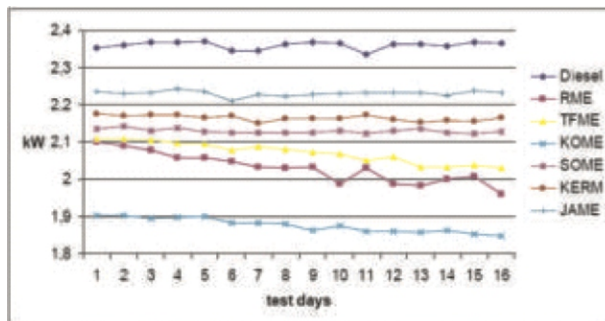


Figure 10: Trend of engine power of the long term run with test fuels



Two of the three cars experimenting on biodiesel on their way to Khardungla-La in Leh

Conquering Khardungla Pass with neat biodiesel

**Jatropha bio-diesel has been compared against all other bio-diesels in an EU project and has come out with flying colours. PCT/IN 2004/000329 dated 20th October 2004 (CSIR)**

IX) *Salicornia* cultivation

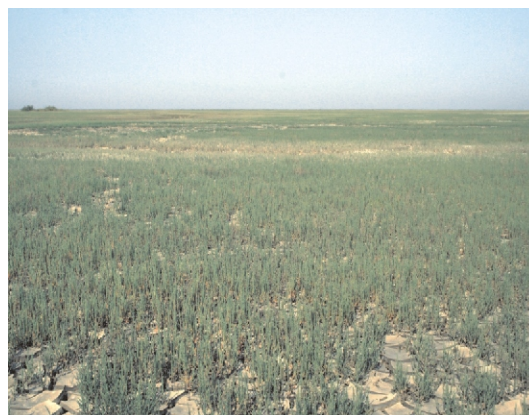
During cultivation of *Salicornia* in saline soils using seawater irrigation, it was observed that input cost for cultivation was more than the produce. In natural habitat the distribution of the species is very thin and scattered. Densification of the species can minimize the irrigation coast. Taking advantage of monsoon, seeds were broadcasted in approx.100ha area along the sea coast at various locations in Gujarat to increase the availability of biomass for vegetable salt preparation and seeds for oil extraction. Using the densification technique the biomass per unit area could substantially increased.



## Wasteland Research



Before densification



After densification

Location	Before densification (biomass t/ha)		After densification (biomass t/ha)	
	2005	2006	2005	2006
Avania	3.56	3.78	10.42	10.57
Methala	3.05	5.11	13.42	14.59
Victor	1.96	6.50	9.38	10.16
Ningala	3.48	4.21	12.80	14.35
Diu	3.72	4.23	12.40	13.42
Zafrabad	3.45	3.79	11.52	15.20

### X) Bioactive plant extracts

As a participating laboratory under the CSIR network programme on “Phytochemical Studies and diversified application of nontraditional plant species” 182 crude extracts were prepared from different plant parts of total 16 plant species. 59 extracts have shown bioactivity in preliminary testing. Six extracts have been labeled as LEAD against the diseases like tuberculosis, malaria, filaria and ulcer.

The Lead extract active against tuberculosis was processed for isolation of purified molecule and it is under evaluation for identification. A Patent titled “Enhancement of anti-tubercular activity of extract of *Salicornia brachiata*” has been filed (US 11/138,674 dated 27.5.2005 & PCT/IN 05/00168 dated 27.5.2005).

The Lead extract active against malaria was processed for isolation of pure molecule, which was characterized and identified as glaucarubinone. The sub-fraction of lead extract active against filaria is under evaluation. In addition to above, four extracts have been found active against neurological disorders like anti anxiety and antidepressant and is under revalidation. Further five extracts were found to have promising pesticidal activity.



3

# समुद्री एवं बंजरभूमि विकास अनुसंधान

## आण्विक जैवविज्ञान एवम् जैव प्रोद्योगिकी

**लवण सहिष्णुता से प्रभावित जोनोमिक्स का अध्ययन :** सेलिकोर्निया ब्रेकिएटा रोक्स (अमेरन्थेसी), एक मांसलोद्भिद वार्षिक लवणोद्भिद पादप है, जो 2.0 M नमक की लवणीयता को सहन कर सकता है, को तनाव जीनोमिक्स के अध्ययन के लिए आदर्श पादप के रूप में चुना गया है। एक आंशिक अनुलेख डेटाबेस इस पादप से विकसित किया गया है। सेलिकोर्निया ब्रेकिएटा से पूरक डीएनए कोष निर्मित किया गया है, और 930 ईएसटी क्रमों को एनसीबीआई वंशाणु कोष (EB 484528 से EB 485289 और EC 906125 से EC 906292) में जमा कर दिया गया है।

भिन्न वंशाणुओं को अलग अलग कार्यात्मक श्रेणियों में वर्गीकृत कर दिया गया है। वर्गीकरण दिखाता है कि सबसे ज्यादा बहुलता अनजान वंशाणुओं के संदेशवाहक आरएनए की हैं। लगभग 8% ईएसटी को अजैविक तनाव सहिष्णुता में संलग्न पाया गया है। तनाव संलग्न वंशाणु स्रोतों के सरलीकरण के अलावा इस उच्च लवण सहिष्णु पादप में एक समान अभिव्यक्ति और कार्यात्मक वंशाणु कुलों के सदस्यों का तुलनात्मक अध्ययन अधिग्रहित किया गया है। कुछ महत्वपूर्ण लवण सहिष्णुता के लिए उत्तरदायी वंशाणु का प्रतिरूपण और गुणधर्म निर्धारण किया जा रहा है। कुछ मुख्य क्षेत्र एन्टिपोर्टर वंशाणु जैसे NHX-1, प्रतिउपचयी वंशाणु PAPX, GST (EF 373062) और ASR-1 जो लवण सहिष्णुता क्रियाविधि में सम्मिलित हैं उनकी पूर्ण लम्बाई का अनुक्रमण 5 और 3 RACE द्वारा किया जा चुका है। इन जीनों का उपयोग अधिक लवण सहिष्णुता एवं चिरस्थायी कृषि के कुछ महत्वपूर्ण फसलीय पादपों की अनुवांशिक अभियांत्रिकी में किया जा रहा है जैसे मूंगफली (अरेकिस हाइपोजिया) और तंबाकू।

**लवणसहिष्णु पादप वृद्धि राइजोबेक्टीरिया :** कुछ अतिलवणसहिष्णु राइजोबेक्टीरिया का अलगीकरण अदलहनीय पादपों से किया गया है। इन पृथक किये गये राइजोबेक्टीरिया में नाइट्रोजन स्थिरता, इंडोल एसिटिक एसिड उत्पादकता तथा इनमें से कुछ में फोस्फेट विलयता की भी क्षमता है। इन राइजोबेक्टीरिया की आण्विक अभिलक्षणिकता की गई है तथा इनका जैव प्रोद्योगिकी में उपयोग परीक्षण में है। इनमें से कुछ जीवाणु विलक्षित पाये गए हैं और उनका पूर्ण 16S आर डीएनए जीन क्रम एनसीबीआई में पंजीकृत कर दिया गया है (DQ 458961 और DQ 458962)।

**हेलोएलकली फाइल्स की आण्विक अभिलाक्षणिकता :** गुजरात के समुद्र तटीय इलाके से करीब 35 लवणक्षारप्रेमी जीवाणु पृथक किए गए हैं। जिनमें से 10 जीवाणु अत्याधिक क्षारीय हैं और वो 12.5 pH के उपर तक संवर्धित होने में सक्षम हैं। इन जीवाणुओं का आण्विक एवं जैवरासायनिक अभिलक्षण किया जा रहा है। इन जीवाणुओं का अन्वेषण अत्याधिक क्षारीय उत्प्रावाही के जैवप्रतिकार के लिए किया जाएगा।

यद्यपि, उदासीन से मध्यम क्षारीय परिस्थितियों में सर्वोत्तम जेलींग कारक है परन्तु अधिक क्षारीय परिस्थितियों में जेलीकरण की क्षमता को खो देता है। उच्च क्षार प्रिय जीवाणुओं के अलगीकरण, पहचान व शुद्धिकरण के लिये, एक नवीन, कम कीमतवाला माध्यम, के-कैराजीनन को जैलीकारक के रूप में उपयोग करके विकसित किया गया। इस माध्यम को उपयोग करके, 98 क्षार प्रिय जीवाणुओं को क्षारीय मृदा एवम् उत्सर्जितों से अलगीकृत किया गया है। ये अलगीकृत जीवाणु, 8.0 से 13.5 pH में संवर्धित किये जा सकते हैं। साथ ही साथ, कुछ उच्च लवण सांद्रता में संवर्धित हो सकते हैं। इनमें से एक, ठोस क्षारीय माध्यम में, श्लेष्मिक बहिर्कोशिकीय बहुलक को अत्यधिक मात्रा में उत्पन्न करते हैं। यह अपरिष्कृत पदार्थ प्रोटीन प्रकृति का पाया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 94 देखिए।)

**कार्बनडाईआक्साइड का भूमिजीवाणुओं द्वारा अधिग्रहण :** भूमि विभिन्न कार्बनिक यौगिकों जिसमें कार्बन डाईआक्साइड भी समावेशित है उसके निवेशक स्रोत का कार्य करती हैं। कार्बनडाईआक्साइड के स्थिरीकरण की विविधता, भूमि जीवाणुओं द्वारा प्रारम्भ की जाती हैं। भूमि जीवाणुओं द्वारा कार्बन डाईआक्साइड स्थिरीकरण की संरचना व विविधता में अतिमहत्वपूर्ण कार्यात्मक जीन सीबीबीएल समावेशित हैं।

**गतिपूर्ण एवम् जैवआवरण निर्माण की आण्विक खोज :** स्वस्थ व निर्मल समुद्री शैवालों को गुजरात राज्य के प्राकृतिक तटीय निवास स्थान से एकत्रित किया गया तदुपरांत जलीय एवम् कार्बनिक सार की गणपूर्ति के आण्विक संकेत के अध्ययन के लिए तैयार किया गया। जीवाणु ई कोलाई MT-102 जो कि प्लास्मिड PJBA 89, स्यूडोमोनास पूटीडा F117 जो प्लास्मिड PKR-C 12 एवम् सेरेशिया लिक्वीफेसिन्स MG 44 जो कि प्लास्मिड PBAH 9 को अपने अन्तर्गत रखता है, उसका संवेदक के रूप में आण्विक गणपूर्ति संकेत अध्ययन के लिए उपयोग किया गया। ये जीवाणु लक्स R व जीएफपी (हरी चमकदार प्रोटीन) को प्रतिवेदक हेतु तथा एक या एक से ज्यादा जीन को प्रतिजैविक प्रतिरोधक हेतु रखते हैं। जैव आवरण का निर्माण करनेवाले कुछ जीवाणु स्यूडोमोनास पूड्डा ISOF व सेरेशिया लिक्वीफोशियन्स MG-1 का उपयोग परिदाक के रूप में समुद्री शैवालों के सार की कार्यक्षमता को चिन्हित करने के लिए किया गया।

बृहद समुद्री शैवालों में गणपूर्ति बाधक पदार्थ की उपस्थिति चिन्हित करने के लिए, विभिन्न प्रयोग व उन प्रयोगों में संश्लेषणात्मक एएचएल यौगिक तथा शैवालिक सार का उपयोग किया गया। कुछ समुद्री शैवालों ने उत्कृष्ट सकारात्मक संकेत दिये हैं, और उनका विस्तृत रासायनिक गुणधर्म निर्धारण का कार्य प्रगति पर हैं।

**आर्थिक रूप से महत्वपूर्ण समुद्री शैवालों की आण्विक अभिलक्षणिकता :** कुछ महत्वपूर्ण समुद्री शैवाल जिनसे कैराजीनान, अगार, एगरोज एवं आल्जीनेट उत्पादित होता हैं। उनकी आण्विक फाईलोजेनी की गई हैं और 18 एसआर डीएनए एवं आईटीएस प्रथम के जीन क्रम को एनसीबीआई में पंजीकृत कर दिया गया है। जिनकी एनसीबीआई पंजीकरण संख्या DQ 399795, DQ 409339, DQ 409340 हैं। एक संक्षेप विवरण जिसके अन्तर्गत गुजरात के समुद्रीतट पर पायी जानेवाली समुद्री शैवालों के महत्वपूर्ण गुण, आण्विक विविधता एवं उपयोग पर कार्य चल रहा हैं। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 95 देखिए।)

**लवणसहिष्णु सूक्ष्मशैवाल डूनेलियला की आण्विक अभिलक्षणिकता :** डूनेलियला को केनसरअसं के नमक अनुसंधान क्षेत्र से निकाला गया और फिर प्रयोगशाला में विभिन्न नमक सांद्रतावाले (0.5 5.5 M) माध्यम में संवर्धित किया गया। विभिन्न उपचायक जैसे कि प्रोलीन, ग्लाइसीन, बिटेन व ग्लिसरोल, विभिन्न नमक सांद्रता के साथ बढ़ते हैं। डूनेलियला के एसडीएस-पेज प्रतिरूप से कुछ निश्चित लवणप्रेरित प्रोटीन का साक्ष्य दिखा है। एआरडीआरए तकनीकी द्वारा डूनेलियला को आण्विक रूप से अभिलक्षित किया गया। 18 एसआरआरएनए जीन क्रम को एन सीबीआई में पंजीकृत कर दिया गया है (AF506698)। लवण उत्तरदायी जीनों का सबस्ट्रैक्टिव हाईब्रिडाइजेशन द्वारा अलगीकरण प्रगति में हैं।

## आर्थिक दृष्टि से महत्वपूर्ण समुद्री शैवालों की खेती

**भारत के दक्षिण पूर्वी समुद्र तट पर ग्रेसिलेरिया ड्युरा की खेती :** हमारे द्वारा दिखाया जा चुका है कि ग्रेसिलेरिया ड्युरा अगरोज के उत्पादन के लिए एक आशाजनक स्रोत है। दुर्भाग्य से यह शैवाल सौराष्ट्र (गुजरात) समुद्रीतट पर प्राकृतिक रूप में बहुत कम मात्रा में पाया



जाता है जिसके कारण इस शैवाल का उपार्जन सीमित है। प्राथमिक संशोधन जो वर्ष 2003-04 में तमिलनाडु स्थित तोहनीतुराई और करासाडाई द्विप में किया गया था, जिसमें पाया गया कि इस शैवाल की वृद्धि दर प्रतिदिन 2-3% है जो उत्साहवर्धक है परंतु समुद्री शाकभोजी प्राणियों से इसे खतरा है। इस शोध के बाद चार अलग अलग स्थानों— थोनीथुराई, अरियाडकुन्दु, बक्कतमडम, रामेश्वरम् में इस शैवाल की प्रायोगिक रूप से खेती शुरू की गई। इस शोध में बेडा पद्धति जो पहले से ही कम्पाफाइकस की खेती के लिए परिणियोजित थी उसका उपयोग किया गया। जिन गहराईयों पर बेडो को लगाया गया उन गहराईयों में अंतर रखा गया, फलस्वरूप जो परिणाम प्राप्त हुए उन्होंने ग्रेसिलेरिया ड्युरा की दक्षिण पूर्वी तटों पर जैसे अक्कलमडम, अरियाडकुन्दु और थोनीथुराई में खेती के अच्छे अवसर प्रस्तुत किए। इस शोध को गुजरात तट पर भी संचलित किया गया जिसमें भी उतने ही आशाजनक परिणाम सामने आए। इस शोधकार्य में कुछ परेशानियां थी जैसे गैर मौसमी समय में जीवद्रव्य का संरक्षण ने ध्यान आकर्षित किया और इन कठिनाईयों का निवारण अतिआवश्यक है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 97 देखिए।)

**जिलेडियेला एसीरोसा की बेडा पद्धति द्वारा खेती :** हमारे द्वारा पिछले कई वर्षों में जिलेडियेला एसीरोसा की बड़े पैमाने पर खेती करने के प्रयास किए जा चुके हैं लेकिन इनमें से कोई भी विधि पूर्ण रूप से सफल नहीं हो सकी है। कम्पाफाइकस और कुछ ग्रेसिलेरिया की जातियों की खेती के सफलता उपरांत जिलेडियेला एसीरोसा की बेडा पद्धति को वर्ष 2005 में आरंभ किया गया। इस पद्धति में बेडो के आकार 1.5 मी x 1.5 मी रखा गया और इसमें 20 रस्सीयाँ बांधी गई और प्रत्येक रस्सी में 25 पौधे बांधे गए। प्रत्येक बेडे में शैवाल का ताजा भार 400 ग्राम रखा गया और इनकी छः महीनो तक खेती की गई, इस प्रकार वर्ष 2005 में 30 बेडो की तथा वर्ष 2006 में 49 बेडो की खेती की गई। मन्नार की खाड़ी में मई से अक्टूबर का समय शैवाल की खेती के लिए आदर्शपूर्ण पाया गया जो इस शैवाल के प्राकृतिक वृद्धि समय के समान है।

## खाद्य शैवालो की खेती

**कम्पाफाइकस अलवरेजी :** कम्पाफाइकस अलवरेजी की खेती को ओखा (गुजरात) तट पर जालीदार थैलो और बेडा पद्धति द्वारा किया जा रहा था। समुद्र में खेती के लिए उस स्थान को चुना गया जहां पर लघु ज्वार भाटा के समय भी जल स्तर काफी कम न हो। ओखा के जीएमबी स्थल पर 110 मीटर लम्बी रस्सी में 275 जालीदार थैलो में खेती की गई तथा शैवाल का उत्पादन 390 कि.ग्रा. ताजा भार के रूप में पाया गया। इसके पश्चात् खेती के लिए बेडो की संख्या 100 बेडो तक बढ़ा दी गई जिसमें से 70 बेडे (1750 मी रस्सी) ओखा के जीएमबी स्थल पर, 10 बेडे (250 मी रस्सी) मीठापुर में तथा 20 बेडे (500 मी रस्सी) बद्रेच्छा में लगाए गए। इसमें कुल रस्सी 2500 मीटर रखी गई तथा कुछ उपज लगभग 16.5 टन (ताजा भार) पाई गई इसके अलावा फसल का लगभग 2.5 टन ताजा भार पानी की तेज़ धार के कारण जनवरी 2005 में प्रवाहित हो गया। सीएफटीआरआई के साथ, सर्वाधिक शैवाल से भोज्य बनाने के कार्य का अध्ययन भी किया गया।

**इन्टेरोमोफा कपर्सेसा :** इन्टेरोमोफा कपर्सेसा की खेती नवम्बर 2004 से मार्च 2005 तक समुद्र में शुरू की गई। इस खेती के लिए 20 पौधो से भरे थैले उपयोग किए गए जिनका आकार 2.5 मी x 2.5 मी था। तीन बार फसल कटाई के बाद इस शैवाल का कुल उत्पादन 187 किग्रा (ताजा भार) पाया गया जिसके अनुसार उत्पादन दर 1.5 किग्रा ताजा भार/मी<sup>2</sup> आंकी गई। मीठापुर और बद्रेच्छा के समुद्री जल संयोजन में काफी मात्रा में पुष्टिकारक तत्व पाए गए। ICP-OES विश्लेषण द्वारा समुद्री जल में तथा उत्पादित उत्पाद में भारी धातुओं की उपस्थिति पाई गई। कम्पाफाइकस तथा इन्टेरोमोफा में किसी भी तरह के रोगजनक जीव जैसे शिगैला, स्यूडोमोनास और विब्रियो नहीं पाए गए परंतु कुछ दूसरे रोगजनक जैसे कालीफोरम पाए गए।

**खाद्योपयोगी समुद्री शैवाल की खेती के लिये प्रोटोप्लास्ट का उपयोग :** कोशिका भित्तिरहित कोशिका को प्रोटोप्लास्ट कहते हैं। पोरफायरा एवं मोनोस्ट्रोमा नामक समुद्री शैवाल का उपयोग स्वादिष्ट समुद्री सब्जी के तौर पर स्वास्थ्यवर्धक खाने में किया जाता है। अभी तक इन शैवालो की खेती उनके द्वारा उत्पादित स्पोर्स द्वारा की जाती रही है। प्रचलित स्पोर्स उत्पादन विधि में समय अधिक लगता है। इसके

समाधान के लिये प्रोटोप्लास्ट के माध्यम से रोपण किया गया। प्रोटोप्लास्ट का निष्कासन, किण्वक मिश्रण (सेल्युलेज़ ओनोजूका आर 10 (याकुल्ट होन्शा. कम्पनी लिमिटेड—जापान) 1% सोडियम क्लोराइड) द्वारा किया गया। इस मिश्रण में मैनीटाल मिलाया गया तथा उचित pH का निर्धारण किया गया। बीजारोपण के लिए संपूर्ण प्रोटोप्लास्ट को ससपेंशन को (लगभग  $5 \times 10^6$  कोशिका/मिलि<sup>1</sup>) जो शुद्ध करने के बाद प्राप्त किया गया, इसको एक ग्लास फ्रेम में नायलोन धागे के द्वारा आहिस्ता से डाल दिया गया। कल्चर मिडियम को संपूर्ण प्रयोग के दौरान  $21 \pm 1$  तापमान, 15 म्यू मोल फोटान की सफेद ट्यूब के प्रकाश में 12:12 घन्टे प्रकाश : अन्धेरे में पूरे प्रयोग में रखा गया। (एक्वाकल्चर 260 (1-4): 290-297, 2006) एक और खाद्य लाल शैवाल, पोरफायरा जो भारतीय तटों पर मिलता है तथा जापान में नोरी के नाम से प्रचलित है उसके प्रोटोप्लास्ट को भी समान विधि से बीजारोपित किया गया। (ज. एप्पल्लाइड फाईकोलोजी 17: 331-337, 2005)

**ग्रेसिलेरिया ईड्युलिस की अंडमान निकोबार द्वीपसमूह में खेती :** कम्युनिटी एन्टरप्राइज फोरम इन्टरनेशनल (सीईएफआई), पोर्ट ब्लेयर के समक्ष ग्रेसिलेरिया ईड्युलिस की खेती का प्रदर्शन किया गया। (अंडर पोर्ट ब्लेयर कल्टीवेशन नो हाऊ ट्रांसफर एग्रीमेन्ट) यह प्रदर्शन अंडमान द्वीप के बाडाबालू तथा शिप्पीघाट नामक स्थल पर तथा निकोबार द्वीप की केम्बेल खाड़ी में किया गया। बाडाबालू तथा केम्बेल खाड़ी में बेड़े द्वारा खेती करना सफल रहा है इसमें कुल 26 बेड़े जिनका आकार 3 मी x 3 मी लगाए गए। प्रत्येक बेड़े में लगभग 1-2 कि.ग्रा. ताज़ा भार के पौधे दो लाइनों में लगाए गए। यहाँ कार्य शिप्पीघाट में ताज़ा पानी के आने व कम लवणता के कारण नहीं दर्शाया जा सका। बाडाबालू स्थल में 40 दिनों के उपरांत फसल को काट लिया गया। फसल की पैदावार 20 ताज़ा भार/बेड़ा तथा प्रत्येक दिन वृद्धि दर 6.1 % पाई गई इस सफलता के पश्चात वहा पर व्यापारिक रूप से ग्रेसिलेरिया ईड्युलिस की खेती शुरू की गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 100 देखिए।)

**कम्पाफाइकस अलवरेजी में ग्राफटिंग विधि का उपयोग :** परंपरागत रूप में ग्राफटिंग विधि का उपयोग मुख्य रूप से उच्च श्रेणी के पौधों में ही उचित है। समुद्री शैवालों में इस तकनीक की कोई सूचना नहीं है। पहली बार कम्पाफाइकस अलवरेजी के विभिन्न रंग के पौधे जैसे (पल्लवन लाल, पल्लवन भूरा, हरा आदि) में सफलतापूर्वक ग्राफटिंग विधि अपनाई गई। इस विधि में ग्राफ्ट बनाने हेतु एक शैवाल के थैलस को (जिसका उत्पादन बढ़ाना है) दूसरे स्ट्रेन के थैलस के साथ जोड़ा गया, इस प्रकार उत्पन्न ग्राफटिड पौधों की वृद्धि दर तथा फिजिको केमिकल लक्षणों का विश्लेषण किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 100 देखिए।)

**शाकभोजियों द्वारा समुद्री शैवालों की चराई का अध्ययन :** समुद्री शैवालों की शाकभोजी जीवों द्वारा की गई चराई से असमान रूपज मिलती है जिसके कारण वाणिज्यिक तौर पर इस उद्यम की महत्वता कम हो गई है। उन समुद्री शैवालों की जानकारी के लिए जिन्हे शाकभोजी जीव पसंद करते हैं, एक अध्ययन भारतीय दक्षिण पूर्वी समुद्र तटों के करुसडाई द्वीप नामक प्रायोगिक स्थल पर किया गया। यहाँ पर काफी संख्या में शाकभोजी मछलियाँ जैसे सिगनस जावस (रेबिट फिश) और समुद्री ऑरचिन ट्रिपन्युसटीस पाए जाते हैं। इस अध्ययन में तीन अलग अलग समुदाय से संबंधित 20 विभिन्न समुद्री शैवाल को चुना गया। इन 20 शैवालों में से केवल 5 जातियाँ जो रोहडोफायसी कुल से संबंध रखती हैं उन द्वारा चरी गई। ग्रेसिलेरिया ईड्युलिस शाकभोजियों का पसंदीदा भोजन पाया गया और इसके आरंभिक ताज़ा भार 5 g में से  $72 \pm 17.8\%$  जीव भार ( $P < 0.03$ ) शाकभोजियों द्वारा चरा गया। इसके समांतर आरंभिक भार 5 ग्राम का ग्रेसिलेरिया ड्यूरा में  $57.4 \pm 28\%$  ( $P < 0.02$ ), ग्रेसिलेरिया कोरटीकेटा में  $47.2 \pm 27.2\%$  ( $P < 0.02$ ) तथा कम्पाफाइकस अलवरेजी में  $34 \pm 10.4\%$  ( $P < 0.01$ ) पाया गया। इस निरीक्षण से पता चलता है कि शाकभोजी जीव मोटी, रेशदार, शाखावाले शैवालों को पसंद करते हैं। शाकभोजियों द्वारा हरे और भूरे शैवालों के बजाय लाल शैवालों को ज्यादा पसंद किए जाते हैं क्योंकि लाल शैवाल उनके द्वारा आसानी से पचा लिए जाते हैं। (करेन्ट साइंस 91(9) 2006, 1256-1260)

**समुद्री शैवाल तथा जीवों की अंतःक्रिया :** ग्रेसिलेरिया एसिरोसा तथा कप्पाफाइकस एल्वरेजी की प्रायोगिक तोर पर खेती इरवडी के लोअर लिटोरल क्षेत्र में की गई। फरवरी 2006 में ग्रेसिलेरिया एसिरोसा तथा कप्पाफाइकस एल्वरेजी की सतह पर संतरिया व लाल रंग का मोटा तथा चिकना पदार्थ पाया गया जिसकी वजह से दोनों शैवालों की वृद्धि पर प्रभाव पडा तथा पौधों के नष्ट होने के कारण फसल पेदावार भी प्रभावित हुई। शैवालों की सतह पर जमा हुए इस पदार्थ को खुरचकर निकाला गया व इसका सूक्ष्मदर्शी द्वारा अध्ययन किया गया जिसमें पाया गया कि यह पदार्थ एक समुद्री स्पंज है जिसका नाम सिगमाडोशिया प्युमिला है जो केलिनीडिया, पोरिफेरा कुल से संबंध रखता है। तदुपरांत इस अध्ययन को सुनिश्चित किया गया तथा पता चला कि पदार्थ का लाल रंग स्पिम्यूलस की उपस्थिति के कारण है जो पोरीफेश कुल का एक महत्वपूर्ण लक्षण है। ग्रेसिलेरिया एसिरोसा जो सिगमाडोशिया प्युमिला से प्रभावित था उसका रंग हल्का पीला भूरा हो गया तथा इसकी वृद्धि भी रुक गई थी। (करेन्ट साइंस – मुद्रणालय में)

**गुजरात समुद्र तट पर शैवालों की जैवविविधता का अध्ययन :** क्योंकि समुद्री शैवालों की चेकलिस्ट बहुत पुराने आंकड़ों पर आधारित थी व ये आंकड़े पुराने साहित्यों से एकत्रित किए गए थे। इसकी भी कोई गारंटी नहीं कि वह सभी जातियां आज भारतीय समुद्र तटों पर मौजूद हैं। इसलिए शैवालों की कुल वनस्पति को जानने के लिए गुजरात समुद्र तट पर अवलोकन किया गया। इस अवलोकन में शैवालों की 20 नई जातियां गुजरात समुद्र तट पर पहली बार तथा भारतीय जल स्रोत से शैवालों की दो नई जातियां सूचित की गई। इन अध्ययन को एक किताब के रूप में प्रकाशित करने के लिए संकलित किया गया है।

**प्राकृतिक उत्पाद एवं मूल्यवर्धन गुणवत्तावृद्धि :** ताजे शैवाल से उत्पादित किये गये कैरेगिनन एवं हरीत खाद्य के लिये यु एस पेटन्ट (नं 6893479 मई 17, 2005; EP1534757 दिनांक 1, जून 2005 एवं WO 2004016656) को स्वीकृति मिली है जो पूर्व में विकसित जा चुका है। इस तकनीक का अधिकार पत्र मेसर्स पेप्सिको इन्डिया लिमिटेड को दिया गया है।

**कप्पाफाइकस रस में पादप वृद्धि नियमकों का मूल्यांकन एवम् मात्रात्मक परीक्षण :** यह कार्य तकनीकी प्रक्रिया स्थानांतरण के भागरूप मेसर्स पेप्सिको के साथ हमारे द्वारा किये गये कप्पाफाइकस रस के पेटन्ट कार्य पर आधारित है। कप्पाफाइकस रस का खाद्य अनुप्रयोग के अन्तर्गत फोलियर छिडकाव के रूप में उपयोगी है। कप्पाफाइकस रस के छः नमूनों में से पादप वृद्धि नियामकों जैसे इण्डोल एसिटीक अम्ल, काइटिन, जियाटिन और जिबरलिन को निष्कर्षित करके उनकी जाँच करके उनको मूल्यांकित किया गया है। इन पादप वृद्धि नियामकों की पहचान टेन्डम मास स्पेक्ट्रोकोपी से की गई और इनका मूल्यांकन ESI मास स्पेक्ट्रोमेट्रीक मापन से किया गया। इस तकनीक से कप्पाफाइकस रस जिसमें परिरक्षक मिला है उसके स्वयं जीवन की जाँच के लिए भी उपयोगी है। यह पाया गया कि लम्बे समय (3 महिने) के बाद भी पादप वृद्धि नियामक में कोई परिवर्तन नहीं पाया गया।

इस कप्पाफाइकस रस का पेप्सिको द्वारा विभिन्न फसलों पर प्रायोगिक परीक्षण किया गया। इस परीक्षण के दौरान प्राप्त परिणाम कप्पाफाइकस रस की कार्यक्षमता को दर्शाते हैं। इस रस के उपयोग से उत्पादन वृद्धि निम्नतम मिर्ची और गेहूँ में 10% और अधिकतम गन्ने में 40% पाई गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 103 देखिए।)

**कणिका – के कैराजिनन के लिए अपरिष्कृत माल :** कप्पाफाइकस अल्वरेजी कणिका को ताजे समुद्री शैवाल से प्राप्त किया और अर्ध-परिष्कृत कैरेजिनन को बनाया गया। यह संपूर्ण पौधे से प्राप्त कैरेजिनन के समान ही था। इस प्रकार की विधि से, समय, क्षेत्र, लागत व परिवहन में कमी आयी। इसको सीधे जेल बनाने में प्रयुक्त किया जा सकता है।

**कम सोडियम युक्त, पादपोत्पत लवण – सलोनी के :** पौष्टिक, कम सोडियम युक्त लवण (सलोनी के) को बनाने की प्रक्रिया को पेटेन्ट कराया गया (यु एस पेटेन्ट एप्लिकेशन नं 2005/0220975 दिनांक अक्टूबर 6, 2005; WO2005097681) यह कम्पाफाइक्स अल्वरेजी व सेलिकोर्निया का उत्पाद है। इस तकनीकी को लघु उद्योग, एनएमएस फार्मा, भावनगर को हस्तान्तरित किया गया है।

इस नमक के मुख्य लाभ हैं – (क) पादपोत्पत (ख) दोनों पादप लवणीय मृदा व जल पर उगते हैं (ग) कार्बनिक संवर्धन (घ) बनाने की प्रक्रिया अरसायनिक है (च) सूक्ष्म पोषकों की समुद्री नमक में अनुपस्थिति। पेप्सिको द्वारा इसका परिक्षण किया गया है कि लोगो ने सलोनी-के युक्त आलू के चिप्स को ज्यादा पसंद किया। सलोनी-के ने साधारण नमक पर बेहतर प्रदर्शन किया।

**अगरोज :** केनसरअसं की द्विवार्षिक रिपोर्ट 2002-04 के क्रम में आगे बढ़ते हुए यहाँ पर यह दर्शाना अतिआवश्यक है कि मूल्यवर्धन प्रोग्राम के अन्तर्गत हमने लाल शैवाल (ग्रेसीलेरीया डुरा) से उत्कृष्ट गुणवत्तावाला अगरोज बनाया है।

इस शैवाल का कृत्रिम उत्पादन भी भारत के वेस्टकोस्ट एवं गल्फ ओफ मन्नार में संभव है। इस शैवाल की प्राप्ति अगरोज उत्पाद को हमने पेटेन्ट भी करवा लीया है। (यु एस पेटेन्ट 2005/0267296A1; दिसम्बर 1, 2005; पीसीटी WO 2005/118830 दिसम्बर 15, 2005)

कृत्रिम रूप से प्राप्त शैवाल भी समान गुणवत्तावाला अगरोज देता है। सीएसएमसीआरआई अगरोज इलेक्ट्रोफोरेसीस तकनीकी में उपयोग हो सकता है। सीगंल बैन्ड DNA का कार्य IICB (मोल्युकुलर परासीथेकोपी विभाग) कोलकता में किया गया था।

**शैवाल बहुशर्करा का परिवर्तन :** शैवाल बहुशर्करा जैसे अगर और केरेगीनन का परिवर्तन किया गया। यह कार्य इन बहुशर्कराओं को नये गुण प्रदान करने के लिए किया गया है। महत्वपूर्ण गुणधर्म जैसे उनकी जलस्नेहता का घटना, कुछ भौतिक एवम् रसायन गुणधर्म का परिवर्तन होना इन बहुशर्कराओ का उपयोग नये क्षेत्र में बढ़ाता है। इनकी गुणवत्ता के साथ शैवाल का मूल्यवर्धन भी होता है। दो प्रकार के परिवर्तन किये गये हैं – भौतिक एवं रासायनिक।

### भौतिक परिवर्तन

**(क) अगर सरफेकटेन्ट इन्टरएक्शन :** इस अध्ययन में यह पाया गया कि नोनआयनिक सरफेकटेन्ट (उदाहरण : ब्रीज 35 और ट्राइटोन x - 100) अगर की श्यानता एवं जैलशक्ति कम करते हैं। जबकि आइनीक सरफेकटेन्ट दोनों को बढ़ाते हैं, लेकिन SLS जो श्यानता को बढ़ाता है और जेलिंग तापमान को कम करता है। नोन आयनीक सरफेकटेन्ट की उपस्थिति में श्यानता घटाव का फीनोमीना हमारे अगर बनाने की विधि में बहुत उपयोगी सिद्ध हुआ क्योंकि इस परिवर्तन के कारण पानी की आवश्यकता में 50 प्रतिशत तक कटौती संभव है। ट्राइटोन x-100 और ब्रीज 35 जो इसके लिये उपयोग किये गये उनको आगेवाली प्रक्रिया में निकाल दिया गया। (इन्टरनेशनल जर्नल ऑफ बायोलोजीकल मेक्रोमोलीक्युल्स (2005), 35, 135-144)

**(ख) अगर फेटी अम्ल कोम्प्लेक्स :** इसके अन्तर्गत अगर के साथ चार सेच्युरेटेड (C 12:0- C 18:0) और एक अनसेच्युरेटेड फेटी अम्ल (C 18:1) के कोम्प्लेक्स बनाये गये। इसके अध्ययन से पता चला कि फेटी अम्ल अगर जेल के जेल थीनींग गुण को बढ़ाते हैं और इस प्रभाव (जेल थीनींग) से यह स्पष्ट होता है कि परिवर्तित अगर को हम नये क्षेत्रों में उपयोग कर सकते हैं जैसे कोस्मेटिक और स्वास्थ्य संबंधी उत्पाद। (पोलीमर जर्नल (2005) 37, 826- 832)



(ग) **अगर शर्करा कोम्प्लेक्स** : भारतीय जेलीडीला, ग्रेसीलेरिया एवं जेलीडीयम स्पेशिस से प्राप्त अगर के नमूनों में शर्करा सक्रियता का अध्ययन किया गया है। इसके लिये सुक्रोज एवम् ग्लुकोज शर्करा का उपयोग किया गया। इस अध्ययन से यह पता चला कि सभी भारतीय अगर दोनों शर्कराओं के साथ सक्रियता दर्शाते हैं। इस अध्ययन में महत्वपूर्ण तथ्य यह सामने आया कि सभी अगर की जैल शक्ति दोनों शर्कराओं के साथ बढ़ती है, और यह बढ़त 20-45 प्रतिशत तक होती है। इन परिणामों से सिद्ध होता है कि भारतीय अगरों का खाद्यान क्षेत्रों में उपयोग कर सकते हैं। (फूड हाइड्रोकोलोइड्स, 2006, 20:1206-1215)

(घ) **कप्पा-कैराजीनन आधारित कोष** : औषध उद्योग, जो कोष की दक्षता को मापते हैं उनकी सहयोगी परियोजना में, कठोर कोषक को अर्धपरिष्कृत कप्पा-कैराजीनन से बनाया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 106 देखिए।)

### रासायनिक परिवर्तन

(क) **कैरागिनन-ग्राफ्ट-पीएमएमए** : इसके अन्तर्गत कैरागिनन को मिथाइलमीथएक्राइलेट (एम एम ए) के साथ माइक्रोवेव ओवन में ग्राफ्ट किया गया और इसके लिये पोटेशियम परसल्फेट (केपीएस) को आरंभकर्ता के रूप में उपयोग किया गया। इस प्रयोग में ग्राफ्टिंग इफीसीयन्सी (E%) 99 प्रतिशत पाई गई। इससे प्राप्त ग्राफ्टेड उत्पाद कि क्रिस्टलीनीटी बढ़ती है व तापमान स्थिरता घटती है। (जर्नल ऑफ एपलाइड पोलिमेर सायन्स 2006, 101, 161-166)

(ख) **अगर-ग्राफ्ट-पीवीपी एवम् कैरागिनन-ग्राफ्ट पीवीपी जलीय जेल** : इसके अन्तर्गत पोलिविनाइल पाइरोलीडोन (पीवीपी) ग्राफ्टेड अगर एवम् कैरागिनन उत्पाद माइक्रोवेव ओवन में बनाये गये, जिसके लिये पोटेशियम परसल्फेट (केपीएस) को आरंभकर्ता के रूप में उपयोग किया। ग्राफ्टेड अगर एवम् कैरागिनन उत्पाद दोनों ही पानी के साथ जलीय जेल बनाते हैं। इन उत्पादों की पानी संग्रहण क्षमता भी मूल बहुशर्कराओं (अगर एवम् कैरागिनन) से ज्यादा होती है। अगर एवम् कैरागिनन ग्राफ्टेड उत्पादों की सुजन शक्ति, एक्सआरडी पैटर्न एवम् मोरफोलोजी में परिवर्तन होता है। (जर्नल ऑफ एपलाइड पोलिमेर सायन्स 2006, 102, 3654-3663)

**समुद्रीशैवाल से औषधि** : गुजरात, गोवा, महाराष्ट्र एवम् तमिलनाडू के तटीय क्षेत्रों से, समुद्री शैवालों को एकत्रित किया गया। इनकी पहचान की गयी व इनके अर्क को जल-मेथेनॉल से निकाला गया। अर्क को सीडीआरआई व दूसरी प्रयोगशालाओं में जैविक सक्रियता की जाँच के लिये भेजा गया। गहरे जल से शैवालों का एकत्रीकरण व उनसे अर्क निकाले जाने का कार्य प्रगति पर है।

### समुद्री सूक्ष्मजैविकी

**एन्ट्रोबेक्टर क्लोएसी के का विभिन्न हाइड्रोकार्बन के साथ मिश्रण** : एन्ट्रोबेक्टर क्लोएसी द्वारा उत्पादित बाह्य शर्करा में भारी धातु को संग्रहित करने के गुण हैं और वह हक्झेन, बेन्जीन, जायलिन एवं विभिन्न प्रकार के तेल का मिश्रण करने में भी मदद करता है। मूंगफली तेल एवं हक्झेन के साथ का मिश्रण दस दिनों तक, pH 2 से 10 तक एवं 0.5 -5.0 प्रतिशत NaCl की मौजूदगी में स्थिर रहता है। (एन्जाइम एवम् माइक्रोवियल टेक्नोलोजी, 38: 220-222, 2006)

**कैराजिनन एवं अगरोज** : कैराजिनन और अगरोज उत्पन्न करनेवाले समुद्री सूक्ष्मजीवाणु को पश्चिमी भारत के समुद्री तट से उपलब्ध करके उसकी पहचान 16S rRNA जीन सीक्वेंस होमोलोजी द्वारा की गई। इनमें से स्यूडोमोनास इलोन्गाटा और वेसीनल मेगाटेरियम सबसे उत्तम

कैराजिनन एवं अगरोज़ उत्पन्न करनेवाले रहे। प्लेकेट-बरमान और सेन्ट्रल कम्पोजिट डिज़ाइन का उपयोग करते हुए कल्चर मीडियम का मानकीकरण किया गया। (यु एस, पीसीटी पेटन्ट व भारतीय पेटन्ट नं 0858/DEL/2005 दिनांक 28 मार्च 2006 एन्जाइम एवम् माइक्रोवियल टेकनोलॉजी, doi:10.1016) कैराजिनन को उत्पादित करनेवाले स्यूडोमोनास इलोन्माटा / माइक्रोबलबीफर इलोन्माट्स को एमटीसीसी, चन्डीगढ़ में जमा कर दिया गया है। (नं MTCC 5161)

**समुद्रीय कवक :** छः कवको को पश्चिमी भारत के समुद्रीतटों के समुद्रीय जल एवं मिट्टी से उपलब्ध किया गया। इन कवकों का मूल्यांकन धातु एवं हाइड्रोकार्बन के अवशोषण में किया जा रहा है।

**ग्लीसरीन से सूक्ष्मजीवों द्वारा पोलिहाईड्राक्सी एलकोनेट का जैविक संश्लेषण :** कुछ आशाजनक सूक्ष्मजीव जैसे – अज़ोटोबेक्टर, स्पीस्लीना के ग्लीसरीन का कार्बन स्रोत के रूप में उपयोग करने तथा उसकी वृद्धि क्षमता का परीक्षण करने के उपरांत इन सूक्ष्मजीवों का उपयोग अपरिष्कृत ग्लीसरीन को बायोपोलीमर में परिवर्तित करने में किया गया।

## समुद्रीय पर्यावरण

**कवको एवं शैवाल का हानीकारक धातुओं के जैव निवारण में उपयोग :** विभिन्न प्रकार के मृत समुद्रीय कवको का उपयोग द्रावण में से हानीकारक धातुओं को निकालने में किया गया। इनमें से एसपरज़िलस नाइगर सबसे उत्तम रहा। इस कवक ने 117.33 mg क्रोमीयम और 40.53 mg मरक्युरी का मानक परिस्थितियों में निवारण किया।

विविध प्राचल जैसे संपर्क समय, pH, धातु का प्रमाण, और ठोस द्रव्य प्रमाण की उपस्थिति में रुपांतरित किया हुआ कथई शैवाल सिस्टोसेरिया इन्डिका का उपयोग क्रोमीयम धातु को निकालने में किया गया व पाया गया कि क्रोमीयम का निष्कासन pH के प्रमाण पर आधारित था।

इस धातु निष्कासन का अध्ययन गति संबंधी और शोषण समान उष्णता द्वारा किया गया। इसके गतत्यात्मक आंकड़े स्यूडो सेकेन्ड आर्डर, और एलोविक द्वारा उचित रूप से किया गया। इन सब से लैन्गमपोट मॉडल सबसे उचित प्रमाणित हुआ।

**अलंग-सोशिया जहाज़वाडा में से प्राप्त किया हुआ स्थगित के अंदर के हानिकारक धातु :** हवा में उपस्थित स्थगित पार्टिकुलेट पदार्थ हानिकारक धातुओं का संग्रह करते हैं। यह एक गंभीर समस्या है। अध्ययन के दौरान इस जहाज़वाडे में  $287.5 \pm 20.4 \text{ g m}^{-3}$  स्थगित पार्टिकुलेट पदार्थ पाए गए और इसके मुकाबले संदर्भ (गोपनाथ) में  $111.13 \pm 5.81 \text{ g m}^{-3}$  स्थगित पार्टिकुलेट पदार्थ पाए गए। धातुओं का प्रमाण अलंग-सोशिया में US EPA और WHO की मार्गदर्शिका की तुलना में कई ज्यादा है। संवर्धन अंशों के परीक्षण से प्राप्त किए हुए नतिजों के अनुसार ज्यादातर धातुओं का प्रमाण सौ से ज्यादा था। इसका कारण जहाज़ तोड़ने की प्रक्रिया है। (जल, वायु व मृदा प्रदूषण doi:10.1007)

**परामर्शी परियोजना :** विभिन्न उद्योगों के द्वारा दिए हुए 26 पर्यावरण आधारित परामर्श परियोजना प्राप्त किए गए हैं जिनमें पर्यावरण निरीक्षण, पर्यावरण प्रभाव आकलन, आधार-रेखा अध्ययन, समुद्री प्रबोधन एवं समुद्रीय विकास चुनना शामिल है।

## बंजरभूमि संशोधन

(I) **जैट्रोफा करकस की उच्चस्तरीय पौध एकत्रित करना व उसका प्रवर्धन** : राजस्थान, गुजरात, छत्तीसगढ़, आंध्रप्रदेश, तमिलनाडु, मध्यप्रदेश, उत्तरप्रदेश, केरल, महाराष्ट्र, कर्नाटक तथा उड़ीसा से अतिरिक्त जर्मप्लाज्म या जननद्रव्य कतरन के रूप में एकत्रित किया गया तथा परीक्षण के लिये गुजरात तथा उड़ीसा में लगाया गया उच्च स्तरीय पहचाने हुए पौधों से लगभग 50,000 कटींग तथा 35,000 पौध तैयार की गई। जिसके 50-50 हेक्टेर विस्तार में दोनों गुजरात तथा उड़ीसा में विभिन्न सस्य प्रयोगों के अन्तर्गत लगाया गया। इन प्रयोगों से खेती संबंधित तकनीक विकसित की जायेगी।

वृक्षों से कटींग लेने का सही समय तथा संग्रह के समय का कतरनों की मूलांकुरण पर क्या प्रभाव पड़ता है, इसके लिये एक प्रयोग किया गया। जिसके अंतर्गत वृक्षों से हर मास कटींग ली गई तथा उनको 1-5 दिनों तक संग्रह करने के बाद मूलांकुरण के लिये लगाया गया। इस प्रयोग से यह पता चला कि वृक्षों से कटींग लेने का सही समय अक्टूबर से फरवरी है तथा उनको पांच दिनों तक संग्रह किया जा सकता है। हालांकि जैसे जैसे संग्रह का समय बढ़ता है मूलांकुरण की दक्षता कम होती जाती है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 110 देखिए।)

(II) **सस्य विज्ञान संबंधित प्रयोग** : जैट्रोफा लगाने से पहले गुजरात व उड़ीसा की भूमि का भौतिक व रासायनिक परीक्षण किया गया और पाया कि उसमें 26-55% पत्थर हैं तथा नाइट्रोजन व फोरफोरस की कमी है।

जैट्रोफा की खेती की तकनीक विकसित करने के लिये विभिन्न प्रयोग जैसे कि रासायनिक खादों का प्रभाव अंतराल, सिंचाई, पलवार, जैविक खाद तथा बीच की फसल उत्पादन पर प्रभाव आदि शुरू किये गये। रासायनिक खादवाले प्रयोग में पाया कि 2005-06 वर्ष 60 कि ग्राम नाइट्रोजन तथा 30 कि.ग्रा. प्रति है। फासफोरस देने से सबसे अधिक उपज (518-5 Kg 1ha.) प्राप्त हुई जो नियंत्रित क्षेत्र  $N_0P_0$  पैदावार से 163 गुनी थी। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 112 देखिए।)

अंतरालवाले प्रयोग में देखा गया कि अंतराल बढ़ाने से बीजों की पैदावार (प्रति वृक्ष) बढ़ी। सबसे अधिक प्रतिवृक्ष बीज की पैदावार (94.23g) सबसे अधिक अंतराल (3m x 2m) में मिली तथा उसके बाद 2m x 2m अन्तराल में मिली। 1m x 1m अंतराल दूसरे वर्ष में इतना घना हो गया कि उसकी केवल जैविक बाड के लिये ही सलाह दी जा सकती है।

जैट्रोफा पर वर्षाऋतु के अतिरिक्त के दिनों सिंचाई का प्रभाव देखने के लिये प्रयोग से पता चलता है कि सिंचाई बढ़ाने से बीज की पैदावार असिंचित क्षेत्र के मुकाबले बढ़ती है। प्रतिवृक्ष सबसे ज्यादा बीजों की पैदावार (107.58g) तब मिली जब पानी की मात्रा 0.75 IW/CPE दी गई। इसके बाद पैदावार (101.44 g plant<sup>-1</sup>) तब मिली जब पानी की मात्रा 0.5 IW/CPE दी गई।

जैविक खाद जैसे राइजोबैक्टीरिया तथा ऐजोस्पाईरीलम तथा वाम के प्रभाव को देखने के लिये जैट्रोफा में दिया गया। यह देखा गया कि जैविक खाद देने पर जैट्रोफा के पत्तों में विभिन्न अवयव जैसे नाइट्रोजन, फारफोरस, झिंक तथा कापर की बढ़ोत्तरी हुई है। ऐजोटोबेक्टर तथा ऐजोस्पाईरीलम के निवेश नियंत्रित पौधे के मुकाबले नाइट्रोजन में क्रमशः 20.47 प्रतिशत तथा 8.39 प्रतिशत की वृद्धि हुई। जब दोनों जैविक खादों को मिलाकर दिया गया नाइट्रोजन में 19.13 प्रतिशत की वृद्धि हुई।

उड़ीसा के हुमा नामक स्थान पर जैट्रोफा की खेती के शुरू के दिनों में लाइनों के बीच में दूसरी फसलों की खेती करके देखने की कोशिश की गई। जब विभिन्न दालों को लगाया गया तो पाया कि प्रति हेक्टर सबसे ज्यादा उखद का उत्पादन (789 kg) मिला। उसके बाद मूँग (729 kg), चना (726 kg) तथा मटर (645 kg) का उत्पादन मिला। जैट्रोफा की खेती के दौरान कुछ बीमारी जैसे पत्तों का वाइरस, जड़ों का सडन तथा पत्तों का छोटा कीड़ा आदि देखे गये जिनके नियंत्रण के लिये समुचित उपाय किये गये।

**(III) किसानों को प्रशिक्षण :** मार्च 2006 में किसानों को परती भूमि पर जैट्रोफा की खेती के बारे में जानकारी व प्रशिक्षण दिया गया उनको नर्सरी तैयार करने की विधि, खेत में लगाने की विधि तथा रखरखाव के बारे में प्रदर्शन के रूप में जानकारी दी गई। किसानों को गुजराती पत्रिका भी दी गई जिसमें खेती के तरीकों का विस्तार से वर्णन किया गया था।

#### (IV) जैट्रोफा का आनुवंशिकीय वृद्धिकरण

**(अ) उपज वृद्धिकरण के लिए उद्गम स्थलीय परीक्षण :** वर्ष 2004 अगस्त माह के दौरान वर्षा का लाभ लेते हुए 23 विभिन्न जननेंद्रिय संरचनावाले पौधों को गुजरात के अर्द्धशुष्कीय अवस्थाओंवाले चोरवडला नामक गाँव में उगाकर एक उद्गम स्थलीय परीक्षण किया गया जिससे सर्वोत्तम जननेंद्रिय संरचनावाले पौधों का चयन किया जा सके। वर्ष 2004-05 तथा 2005-06 के दौरान नर तथा मादा पुष्पों के अनुपात समबन्धिय आधार सामग्री को अभिलिखित किया गया। पहले वर्ष में यह अनुपात 18.2:1 से 30.8:1 तक तथा औसतन आनुपातिक मूल्य 24.65:1 रहा जबकि दूसरे वर्ष के दौरान यह घटकर लगभग आधा हो गया। दूसरे वर्ष में यह अनुपात 13.0:1 के औसतन मूल्य के साथ 9.77:1 से 16.23:1 तक रहा। दोनों वर्षों के दौरान उपज के विभिन्न मानदंडों का भी अध्ययन किया गया और यह पाया गया कि पौधों को खेत में प्रत्यारोपण करने के 6 महिने बाद ही पौधों में फलन प्रारंभ हो गया परन्तु प्रति पौधा उपज बहुत ही कम थी। दूसरे वर्ष के दौरान सर्वाधिक उपज CSMCRI-2 नामक उद्गम स्थलीय पौधों में (223.56 g/plant) तथा न्यूनतम उपज Guj F-5 में (49.21 g/plant) अभिलिखित की गई। उपर्युक्त पौधों में तेलीय सार 26.73 प्रतिशत से 34.90 प्रतिशत तक की श्रेणी में प्राप्त हुआ। पौधों के रुपिम तथा उपज में योगदान देनेवाले विशेषताओं के बीच सहसंबंधन समझने के लिए सहसंबंधक कारक की गणना की गई। इस अध्ययन में यह पाया गया कि सर्वाधिक सहसंबंधन प्रति पौधा फली की संख्या तथा प्रति पौधा बीजों की संख्या के बीच (0.997\*\*) तथा इसके पश्चात बीज प्रति पौधा एवं बीज उपज (0.992\*\*) और शाखाएँ एवं बीज उपज (0.869\*\*) के बीच था। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 114 देखिए।)

चयनित पौधे CP-9 की कलम से विकसित हुए 3 वर्षीय पौधे में फलन अर्द्ध-आद्रीय अवस्थाओंवाले उड़ीसा के बहरामपुर नामक स्थान पर उद्गम स्थलीय परीक्षण किया गया। वर्ष 2000 अगस्त माह में VP-2 नामक जननेंद्रिय संरचनावाले पौधे ने वर्ष 2003-04, 2004-05, 2005-06 में क्रमशः 1.95, 1.08 तथा 1.45 किलोग्राम प्रति पौधा प्राप्त हुआ। इसी प्रकार वर्ष 2005-06 के दौरान दूसरे चयनित पौधों की तुलना में जनवरी 2003 में CP-9 तथा CP-13 से 0.26 तथा 0.28 किलोग्राम प्रति पौधा बीज की उपज प्राप्त हुई।

**(ब) अधिक उपजता के लिए पादप जनन :** चयनित उद्गमस्थलीय पौधों का उनकी मजबूती, प्राथमिक / द्वितीयक शाखाओं की संख्या, प्रति पुष्पक्रम मादा पुष्पों की संख्या, नर / मादा पुष्प अनुपात, अधिक 100-बीज भार तथा तेलीय सार के आधार पर मूल्यांकन किया गया जिससे इच्छित गुणोवाले पौधों में भीतरी संकरण किया जा सके।

चयनित उद्गमस्थलीय पौधों में से 7 मातृपौधों का उपयोग करते हुए 8 एकल संकरण बनाये गये। इन बीजों को अंकुरित करके इन प्रथम उत्पत्ति पौधों (F<sub>1</sub>) को खेत में प्रत्यारोपित किया गया। इन सभी प्रथम उत्पत्ति (F<sub>1</sub>) के बीजों में एक संयोजन को छोड़कर तेलीय सार उनके मातृ



बीजों की तुलना में अधिक पाया गया। CP17 XZAN नामक संकरण सभी इच्छित गुणों के आधार पर सर्वश्रेष्ठ पाया गया। सभी संयोजनोंवाले प्रथम उत्पत्ति पौधे (F<sub>1</sub>) खेत में विकसित हो रहे हैं तथा इन पर आगे का अध्ययन प्रगति पर है।

**(V) आनुवंशिकी विभिन्नता संबंधी अध्ययन :** अच्छी गुणवत्तावाले DNA को जैट्रोफा कर्कस की विभिन्नता के अध्ययन के लिए विलग किया गया। जननेद्रिय भिन्नता को AFLP तथा RAPD विधियों द्वारा 28 प्रतिनिधि पौधों को भारत के विभिन्न भौगोलिक क्षेत्रों से एकत्रित करके अध्ययन करने के लिए प्रयोग आरंभ किये गये। इन प्रतिनिधि पौधों में एक बिन विषैली मैक्सिम किस्म भी थी। भारतीय जीवांशों में RAPD द्वारा 50.70% तथा AFLP विश्लेषण द्वारा 45.50% औसतन भिन्नता पाई गई। कुल RAPD के 66 तथा AFLP के 238 बहुकायिक चिह्नक पहचाने गये जिनमें पादप जनन में उपयोगी विशेष DNA चिह्नक हो सकते हैं। विषैले तथा बिन विषैले पादप समूहों को अलग करने के लिए बहुकायिक चिह्नों की पहचान की गई।

RAPD तकनीक से कुछ विशेष चिह्नकों की पहचान करके जैट्रोफा जाति में पायी जानेवाली जननेद्रिय विभिन्नता की सीमा का निर्धारण करने का अध्ययन किया गया जिससे कि इन्हें उपजाति के विकास में प्रयोग किया जा सके। इस विश्लेषण के लिए जैट्रोफा की 7 उपजातियां जैसे जे. तेन्जोरेनसिस, जे. कर्कस, जे. ग्लेन्डिफैरा, जे. गौसिपिफोलिया, जे. मल्टीफीडा, जे. पोडेग्रीका तथा जे. इन्टीग्रीमा को शामिल किया गया। इस जाति में एकत्रित रूप से 91.5 प्रतिशत जननेद्रिय बहुरूपता पाई गई जिसकी औसतन प्रतिशतता 67.7 प्रतिशत थी। न्यूनतम बहुरूपता (53%) जैट्रोफा कर्कस तथा जैट्रोफा इन्टीग्रीमा के बीच पाई गई। सबसे अधिक जननेद्रिय साम्यता (0.64) जैट्रोफा इन्टीग्रीमा तथा जैट्रोफा कर्कस के बीच तथा सबसे कम (0.38) जैट्रोफा मल्टीफीडा तथा जैट्रोफा तेन्जोरेनसिस में पाई गई। जाति वृत्तीय विश्लेषण में जैट्रोफा कर्कस तथा जैट्रोफा इन्टीग्रीमा में सबसे अधिक साम्यता जैट्रोफा कर्कस तथा जैट्रोफा इन्टीग्रीमा में तथा उसके पश्चात जैट्रोफा मल्टीफीडा तथा जैट्रोफा पोडेग्रीका में पाई गई। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 115 देखिए।)

जैनेक संरचना जैसे ITS (इन्टरनल ट्रान्सक्राइब्ड स्पेसर) के परिवर्ती क्षेत्र में विभिन्नता का अध्ययन किया गया तथा ITS क्षेत्रों का विस्तारण करके जैट्रोफा की सभी 7 उपजातियों को अनुक्रमित किया गया। जैट्रोफा मल्टीफीडा की ITS अनुक्रमिका को NCBI (accession No. EF599630) भेजा गया।

**(VI) जैट्रोफा कर्कस का सूक्ष्म प्रवर्धन :** जैट्रोफा कर्कस के सूक्ष्म प्रवर्धन को प्ररोह अग्रक, अप्रधान कलिकाएँ तथा ग्रंथीय खंडों का उपयोग करते हुए MS माध्यम को हार्मोन्स के विभिन्न संयोजनों तथा पोषक तत्वों के साथ अनुपूरण करके मानकित किया गया। प्रयोगशाला में विकसित प्रोटोकॉल का उपयोग करते हुए चयनित अधिक उपज देनेवाले पौधों से लगभग 500 पादपिकाएँ उत्पन्न की गई।

इनसे विकसित पौधों के प्रथम समूह को कठोरीकृत करके बंजर भूमि पर वर्ष 2006 के दौरान सफलतापूर्वक प्रत्यारोपण किया गया। इन पौधों से अधिक गुणित दर प्राप्त करने के लिए अभी प्रक्रिया विकसित की जा रही है। उच्च संवर्धन तकनीक उच्चगुणोंवाले पौधों को बड़े पैमाने पर उत्पन्न करने के लिए महत्वपूर्ण है क्योंकि इस विधि द्वारा मातृ पौधों के गुण सुरक्षित रहते हैं। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 118 देखिए।)

**(VII) जैट्रोफा खली का दूसरी फसलों पर प्रभाव :** बायोडीज़ल बनाने की विधि के दौरान बीजों से तेल निकालने के बाद लगभग 70% खली पैदा होती है। जैट्रोफा खली पोषक तत्वों से भरपूर होती है एतएव इसका उपयोग जैविक खाद के रूप में दूसरी फसलों में प्रयोग करने का प्रयास किया। प्रयोगों से पता चला कि बाजरा, कपास तथा तिल के बीजों की उपज में क्रमशः 11.3%, 15.20% तथा 14.30% की वृद्धि हुई।

जब तिल में जैट्रोफा की खली को रसायनिक नाइट्रोजन ( $25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) के साथ प्रयोग किया गया तो पाया गया कि खली ( $1.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) ने  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  नाइट्रोजन के साथ सबसे अधिक पैदावार ( $766.7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) दी। जैट्रोफा की खली ( $1.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) के परिणाम अरंडी की खली ( $1 \text{ t ha}^{-1}$ ) तथा देसी खाद ( $5 \text{ t ha}^{-1}$ ) के बराबर पाये गये।

**जैट्रोफा की खली का सूत्रकृमि पर प्रभाव :** आनंद कृषि यूनिवर्सिटी, आनंद के सहयोग से एक प्रयोग शुरू किया गया जिसमें जैट्रोफा की खली का टमाटर में सूत्रकृमि के प्रकोप पर प्रभाव का अध्ययन किया गया तथा पाया कि जैट्रोफा की खली ( $3 \text{ t ha}^{-1}$ ) से जड़ों में लगनेवाले सूत्र कृमियों का सफलतापूर्वक नियंत्रण किया जा सका तथा यह प्रभाव कार्बोफ्युरोन रसायनिक नियंत्रक तथा नीम की खली ( $2 \text{ t ha}^{-1}$ ) के बराबर ही है। इसी कारण से खली का प्रयोग बढ़ाने से टमाटर की पैदावार में भी वृद्धि पाई गई।

**(VIII) बायोडीजल :** परती भूमि पर जैट्रोफा की खेती का एक मुख्य अवयव यह भी है कि इसको बायोडीजल बनाने के साथ मिला दिया जाये जिससे उच्च कक्षा के बायोडीजल का उपयोग ग्रामीण क्षेत्र में बिना किसी मिलावट के बिना इंजन में परिवर्तन किये उपयोग में लाया जा सकें एवं उन्नत किस्म की स्वचालित वाहन के अतिरिक्त स्थानीय रूप से भी प्रयोग हो सके। इस प्रक्रिया में बीजों में से तेल निकाला जाता है जिसको शुद्ध करके बायोडीजल बनता है जिसका प्रतिशत 95-96% (w/w) होता है। इसकी गुणवत्ता EN14214 तथा ASTM पाई गई।

अप्रैल-मई 2004 में डैमलर-क्राइसलर ने दो मर्सिडिज बेन्ज C 220 CDI कारों में (इंजन में बिना परिवर्तन किये) हमारे संस्थान द्वारा बनाये गये बायोडीजल का टेस्ट किया। 6000 कि.मी. चलाने के बाद देखा कि प्रतिलीटर बायोडीजल से भी कार करीब करीब उतनी ही चलती है जितनी डीजल से चलती है। क्योंकि बायोडीजल की कैलोरीफिक संख्या डीजल की कैलोरीफिक संख्या करीब 91.8% होती है सफर के दौरान किसी प्रकार की परेशानी भी नहीं पाई गई। ARAI, पूना के सहयोग से किये गये धूएँ के परीक्षण के परिणाम भी काफी उत्साहजनक निकले। धूएँ में हाइड्रोकार्बन व कणों की मात्रा में नाटकीय रूप से कमी पाई गई। ल्युब्रीजोल इन्डिया के सहयोग से बहाव बिंद में काफी कमी करके मर्सिडिज (C क्लास) तथा वियना कारों को अत्यधिक ऊंचाई पर (लेह), कम तापमानवाले वातावरण में परीक्षण हेतु डैमलर क्राइसलर इन्डिया ने अगस्त 2005 में चलाया। विश्व की सबसे ऊँची सड़क (18,380 ft.) जिसका नाम खारडुगला पास है पर इस सराहनीय व सफल परीक्षण में आटो-पत्रकारों ने भी हिस्सा लिया तथा समाचार पत्रों व आटो-पत्रिकाओं में अपने अनुभवों को विस्तार से लिखा। प्रत्येक वाहन अबतक करीब 40,000 किमी मिलावट रहित डीजल पर चल चुका है। आस्ट्रीयन बायोफ्युल संस्थान के अनुरोध पर एक प्रोजेक्ट के अन्तर्गत 2005 में 800 लीटर बायोडीजल परीक्षण हेतु भेजा गया। हमारे संस्थान के द्वारा बनाया गया बायोडीजल दूसरे तेलों जैसे सरसों का तेल, पशु वसा, नारियल का तेल तथा सोयाबीन तेल से बनाये गये बायोडीजल से कहीं अच्छा साबित हुआ। 16 दिनों के लगातार परीक्षण में पाया कि HATZ 1D41Z4 स्ट्रोकवाले इंजन की क्षमता व कार्यकुशलता पर संस्थान द्वारा बनाये गये बायोडीजल का कोई दुष्प्रभाव नहीं पडा। संस्थान की अपनी टोयोटा क्वालीस भी अगस्त 2006 से करीब 30,000 कि.मी. चल चुकी है। प्रति लीटर किलोमीटर भी साधारण डीजल के करीब ही पाया तथा वाहन के इंजन में भी कोई परिवर्तन नहीं किया गया। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 120 देखिए।)

**(IX) सेलीकोनिया की खेती :** खारी जमीन पर समुद्री जल की सिंचाई के द्वारा सेलीकोनिया की खेती करने पर यह देखा गया कि उस पर खर्च उससे मिलनेवाली पैदावार से ज्यादा आता है। सेलीकोनिया का वितरण इसके प्राकृतिक स्थान पर काफी कम व फैला हुआ होता है। इसलिये इसको सघन करने से खेती के खर्च में काफी कमी की जा सकती है। मानसून का लाभ उठाते हुये गुजरात राज्य के विभिन्न तटीय स्थलों पर 100 हेक्टेर विस्तार में इसके बीजों का छिडकाव किया गया ताकि अधिक मात्रा में जैव मात्रा की उपलब्धि हो सकें जो अधिक मात्रा में वानस्पतिक नमक व बीज से तेल निकालने के काम आये। विभिन्न स्थानों पर सेलीकोनिया की घनता बढ़ाने की प्रक्रिया से 2005 व 2006 दोनों वर्षों में जैव मात्रा की प्रति इकाई क्षेत्र काफी अधिक वृद्धि हुई है। (विशेष जानकारी के लिए पृष्ठ सं 120, 121 देखिए।)

(X) **पौधों के सार की क्रियाशीलता** : सीएसआईआर नेटवर्क प्रोग्राम “फाईटो केमिकल एवं डाईवरसीफाईड एप्लीकेशन नान ट्रेडीशनल प्लान्ट स्पेशीज” के अन्तर्गत यह संस्था काम कर रही है। जिसके तहत 16 पौधों से 182 अशोधित सार या रस तैयार किये गये जिनमें से 59 सारों में प्रारंभिक अनुप्रयोगों में जैविक क्रियाशीलता दिखाई दी। छः सारों को विभिन्न बीमारियों जैसे क्षय रोग, मलेरिया, फाईलेरिया तथा अल्सर आदि के अग्रसार घोषित किया गया।

एक अग्रसार जिसने क्षयरोग के सामने क्रियाशीलता दिखाई थी उसको और शुद्ध किया गया तथा उसके अणु को पहचान करने के लिये मूल्यांकन का काम किया जा रहा है तथा एक पेटन्ट “एनहान्समेन्ट आफ सेन्टी-ट्यूबरकुलर एक्टीवीटी आफ एक्सट्रेक्ट आफ सेलीकोनिया ब्रेकियेटा” फाइल किया गया है। (US 11/138,674 दिनांक 27.5.2005 & PCT/IN 05/00168 दिनांक 27.5.2005)

एक अग्रसार जिसने मलेरिया के सामने क्रियाशीलता दिखाई थी उसको शुद्ध करके अणु को निकाला तथा उसको लक्षणचित्रित करके “ग्लुकेरुबीनोन” पहचाना गया। एक अग्रसार जो कि फाईलेरिया के लिये प्रभावी है उसके अंश का भी मूल्यांकन किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त चार अग्रसार जो ज्ञानतन्तु के विकार से संबंधित बीमारियाँ जैसे प्रतिव्यग्रता, प्रति अवसाद आदि के सामने क्रियाशील पाये गये। अब उन की वैधता पर भी काम चल रहा है। इसके अतिरिक्त पाँच अग्रसार पीडकनाशीय भी पाये गये।



4

# **PATENTS, CONTRACT RESEARCH & DEPUTATION**



**PATENTS FILED ABROAD  
2004-2005**

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	Low sodium salt of botanic origin	<b>US Patent Application No.:</b> 10/819,001 filed on 06.04.2004; <b>PCT Patent Application No.</b> PCT/IB 04/03678 filed on 08/11/2004; <b>Indian Patent Application No.:</b> 2933/DEL/2005 filed on 30.6.2005.	P.K. Ghosh, K.H. Mody, M.P. Reddy, J.S. Patolia, K. Eswaran, Ms.R.A.Shah, B.K. Barot, M.R. Gandhi, A.S. Mehta, A.M. Bhatt and A.V.R. Reddy .
2.	An improved catalytic process for the preparation of epoxides from alkenes	<b>US Patent Application No. :</b> 10/823,318 filed on 13.04.2004; <b>PCT Patent Application No.</b> PCT/IB 04/03512 filed on 27/10/2004; <b>Indian Patent Application No.:</b> 2932/DEL/2005.	N.H. Khan, S.H.R. Abdi, R.I. Kureshy, S. Singh, I. Ahmed, R.V. Jasra and P.K. Ghosh .
3.	A process for recovery of common salt and marine chemicals from brine in integrated manner	<b>Israel Patent Application No.</b> 161524 filed on 13/04/2004; <b>Jordan Patent Application</b> filed on 21/04/2004; <b>Canadian Patent Application No.</b> 2464642 filed on 20/04/2004; <b>Japanese Patent Application No.</b> . 2003 - 538072 filed on 22/04/2004; <b>Australian Patent Application No.</b> 2002- 212675 filed on 18/05/2004.	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, V.P. Mohandas, H.L. Joshi, H.H. Deraiya, R.H. Dave, K. Halder, R.B. Yadav, S.L. Daga, K.M. Majeethia and U.P. Saraiya.
4.	A cost effective process for preparing of agarose from Gracilaria species	<b>PCT Patent Application No. :</b> PCT /IB 04/01792 filed on 31/05/2004; <b>US Patent Application No. :</b> 10/858,599 filed on 01/06/2004; <b>Indian Patent Application No:</b> 1189/DEL/2004 filed on 25/6/2004.	A.K. Siddhanta, R. Meena, K. Prasad, B.K. Ramavat, P.K. Ghosh, K. Eswaran, S. Thiruppathi and V.A. Mantri .
5.	Preparation of a novel iodizing agent	<b>US Patent Application No.</b> 10/879,510 filed on 30/06/2004; <b>PCT Patent Application No.</b> PCT /IN 04/ 00190 filed on 30/06/2004; <b>Indian Patent Application No.:</b> 1219/DEL/2004 dated 30/6/2004.	P.K. Ghosh, S.H. Mehta, J.R. Chunawala, M.V. Sheth, and M.R. Gandhi.
6.	Preparation of non hazardous brominating reagents	<b>Australian Patent Application</b> filed on 23/07/2004; <b>Israel Patent Application No.</b> 163196 filed on 25/07/2004; <b>Japanese Patent Application</b> filed on 26/07/2004; <b>Chinese Patent Application No.</b> . 2828066 filed on 12/08/2004; <b>Soviet Union Patent Application No.:</b> 2005 -141490 filed on 29/12/2005.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, A.S. Mehta, S. Adimurthy, A.D.Jethva and S.S. Vaghela .
7.	Process for the recovery of low sodium salt from bittern	<b>European countries Patent Application No.</b> 2712238 filed on 28/07/2004; <b>Israel Patent Application No.</b> 163292 filed on 29/07/2004; <b>Canadian Patent Application No.</b> 2002/232,114 filed on 30/07/2004; <b>Australian Patent Application No.</b> 2E+09 filed on 30/07/2004; <b>Korean Patent Application No.</b> 10/2004/ 7011909 filed on 31/07/2004; <b>Mexican Patent Application No.</b> PA/A/2004/ 007509 filed on 02/08/2004.	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, M.R. Gandhi, H.L. Joshi, H.H. Deraiya, R.H. Dave, K. Halder, K.M. Majeethia, S.L. Daga, V.P. Mohandas and R.J. Sanghavi.

Patents: Filed / Granted

8.	An improved zeolite based catalytic process for the preparation of acylated aromatic ethers	<b>PCT Patent Application No .</b> PCT/IB 04/ 02443 filed on 02/08/2004; <b>US Patent Application No.</b> 11/523,455 filed on 02/02/2006. <b>Ind Patent Application No</b> 0777/DEL/2005.	R.V. Jasra, S. Muthusamy and Y.M. Badheka .
9.	Process for the preparation of molecular sieve adsorbent for selective adsorption of oxygen from air	<b>PCT Patent Application No .</b> PCT/IB 04/ 00280 filed on 08/9/2004; <b>US Patent Application No:</b> 10/693,643 filed on 27/10/2003; <b>Ind Patent Application No:</b> 1558/DEL/2003 filed on 30/5/2003.	R.V. Jasra and C.D. Chudasama.
10.	Process for the preparation of a molecular sieve adsorbent for selectively adsorbing nitrogen and argon from a gaseous mixture with oxygen	<b>Singapore Patent Application No .</b> 2004 / 05370-8 filed on 24/08/2004; <b>Chinese Patent Application</b> filed on 09/11/2004; <b>US Patent Application No.</b> 10/105,876 filed on 25/3/2002; <b>Ind Patent Application No:</b> 0101/DEL/2003 filed on 10/2/2003.	S. Jince and R.V. Jasra .
11.	An improved process for the preparation of fatty acid methyl ester (bio-diesel) from jatropha curcas oil	<b>PCT Patent Application No .</b> PCT/IN 04/ 00329 filed on 20/10/2004; <b>US Patent Application No .</b> 11/022,397 filed on 23/12/2004; <b>Ind. Patent Application No. :</b> 2056/DEL/2004 filed on 20/10/2004; <b>Togo Patent Application No.:</b> filed on 20/10/2005; <b>Egyptian Patent Application No.:</b> filed on 20/10/2005; <b>Jordan Patent Application</b> filed on 20/10/2005;	P.K. Ghosh, S. Adimurthy, M.R. Gandhi, N.K. Vaghela, M.R. Rathod, B.D. Shethia, J.B. Pandya, R.A. Parmar, P.J. Dodia, M.G. Patel, D.R. Parmar and S.N. Patel.
12.	Biodegradable films based on semi refined kappa carrageenan	<b>US Patent Application No.:</b> 11/003,250 filed on 03/12/2004; <b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IB 04/ 03977 filed on 03/12/2004. <b>Ind Patent Application No.:</b> 1280/DEL/2005	A.K. Siddhanta, P.K. Ghosh, K. Prasad, R. Meena and A. Bhattacharya.
13.	A process for the preparation of amorphous silica from kimberlite tailings	<b>PCT Patent Application No .:</b> PCT/IN 04/ 00437 filed on 29/12/2004; <b>US Patent Application No.:</b> 11/024,005 filed on 24/12/2004; <b>Ind. Patent Application No.:</b> 05376/DEL/2005 filed on 18/11/2005.	R.V. Jasra, H.M.Mody, H.C. Bajaj, R.S.Somani, J.S. Chunawala, H.N. Ranpara, D.J. Barochiya, D.L. Ghelani, S. Chandra, M.K. Dhar, K. Rao and K. Kumar.
14.	A process for the preparation of zeolite-A from kimberlite tailings	<b>US Patent Application No.:</b> 11/024,369 filed on 27/12/2004; <b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN 04/00436 filed on 29/12/2004. <b>Ind Patent Application No.:</b> 1290/DEL/2005	R.V. Jasra, R.S. Somani, H.M. Mody, H.C. Bajaj, J.S. Chunawala, H.N. Ranpara, D.J. Barochiya, D.L. Ghelani, S. Chandra, M.K. Dhar, K. Rao and K. Kumar
15.	Process for the preparation of aldol derivatives from alkenes using catalyst	<b>US Patent Application No.:</b> 11/027,488 filed on 30/12/2004; <b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN 04/ 00443 filed on 31/12/2004; <b>Ind Patent Application No.:</b> 1279/DEL/2005	R.V. Jasra, V.K. Srivastava, R.S. Shukla, H.C. Bajaj and S.D. Bhatt

16.	Photocatalytic auto cleaning process of chilly and turmeric stains under fluorescent light	<b>US Patent Application No.:</b> 11/025,676 filed on 28/12/2004; <b>Ind Patent Application No:</b> 1189/DEL/2006	P.K. Ghosh, R.V. Jasra, D.B. Shukla, A.K. Bhatt and R.J. Tayade .
-----	--	---	---

## PATENTS FILED IN INDIA 2004-05

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	Polyamide composite membrane for reverse osmosis and method of producing the same	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1216/DEL/2004 filed on 30/6/2004.	V.J. Shah, P.K. Ghosh, K.S. Balaraman, M.S. Swami, S.V. Joshi, J.J. Trivedi, C.V. Devmurari, N.K. Vaghela and T.B. Gohil .
2.	Process for preparing 2,4,4,6 tetrabromo 2,5 cyclohexadienenone	<b>Indian Patent Application No.:</b> 02130/DEL/2004 filed on 22/07/2004.	A.V. Bedekar, G. Ramachandraiah and P.K. Ghosh.
3.	A novel device for estimation of brine density in solar salt works from afar	<b>Indian Patent Application No.:</b> 02184/DEL/2004 filed on 27/07/2004.	P.K. Ghosh, K.M. Majeethia, M.R. Gandhi, J.N. Parmar, A.M. Bhatt, S.A. Chauhan, V.P. Mohandas and A.U. Hamidani.
4.	Process for the recovery of metals from spent catalysts or adsorbent or inorganic waste	<b>Indian Patent Application No.:</b> 02304/DEL/2004 filed on 09/08/2004.	A.B. Boricha, H.C. Bajaj, R.V. Jasra, P. Ghosh and P.K. Ghosh .
5.	Preparation of nutrient rich salt of plant origin	<b>Indian Patent Application No.:</b> 02370/DEL/2004 filed on 13/08/2004.	P.K. Ghosh, M.P. Reddy, J.B. Pandya, J.S. Patolia, S.M. Vaghela, M.R. Gandhi, R.J. Sanghavi, V.G.S. Kumar and M.T. Shah .
6.	A process for the preparation of sulphated zirconia catalyst.	<b>Indian Patent Application No.:</b> 01530/DEL/2004 filed on 17/08/2004.	R.V. Jasra, B. T yagi and M.K. Mishra.
7.	An eco-freindly process for catalysed acylation of alkylated benzene derivatives	<b>Indian Patent Application No.:</b> 02923/DEL/2004/ filed on 29/09/2004.	R.V. Jasra, B. Tyagi and Y.M. Badheka.
8.	Animal powered mechanical device for water desalination	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1273/DEL/2005 filed on 28/03/2005.	N. Pathak, P.K. Ghosh, S.L. Daga, V.J. Shah and S.N. Patel .
9.	A process for electrochemical oxidation of bromide to bromine	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1275/DEL/2005 filed on 31/03/2005.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, V.R.K.S. Susarla and S.S. Vaghela.
10.	A process for the preparation of zeolite -A from kimberlite tailings	<b>Indian Patent Application No.:</b> 01290/DEL/2005 filed on 28/03/2005.	R.V. Jasra, R.S. Somani, H.M. Mody, H.C. Bajaj, J.R. Chunawala, H.N. Ranpara, D.J. Barochiya, D.L. Ghelani (ALL FROM CSMCRI) and S. Chandra, M.K. Dhar, K. Rao, K. Kumar (ALL FROM NMDC, Hyderabad).

Patents: Filed / Granted

11.	A membrane-based device for the concentration of aqueous herbal extracts solution	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1062/DEL/2003 filed on 28/03/2005.	P.K. Ghosh, V.J. Shah and J.B. Pandya.
12.	Process for preparing aldol derivatives from alkenes using catalyst	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1279/DEL/2005 filed on 31/03/2005.	R.V. Jasra, V.K. Srivastava, R.S. Shukla, H.C. Bajaj and S.D. Bhatt.
13.	An improved zeolite based catalytic process for the preparation of acylated aromatic ethers	<b>Indian Patent Application No.</b> 777/DEL/2005 filed on 31/03/2005.	R.V. Jasra, S. Muthusamy and Y.M. Badheka .
14.	Improved process for simultaneous recovery of industrial grade potassium chloride and edible salt enriched with KCl (low sodium salt) from bittern	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1283/DEL/2005 filed on 31/03/2005.	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, A.B. Kasundra, H.L. Joshi, R.H. Dave, M.R. Gandhi, K.J. Langalia, K. Halder, S.L. Daga, R.D. Rathod, H.H. Deraiya, P.R. Jadav, V.P. Mohandas and A.U. Hamidani.
15.	Biodegradable films based on semi refined kappa carrageenan	<b>Indian Patent Application No.:</b> 1280/DEL/2005 filed on 31/03/2005.	P.K. Ghosh, A.K. Siddhanta, K. Prasad, R. Meena and A. Bhattacharya.

**PATENTS FILED ABROAD**  
2005-2006

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	Enhancement of antitubercular activity of extract of <i>Salicornia brachiata</i>	<b>US Patent Application No.:</b> 11/138674 filed on 27/5/2005; <b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN05/00168 filed on 27/5/2005; <b>Ind. Patent Application No.:</b> 0969/DEL/2004 filed on 27/05/2005.	M.R. Rathod, B.D. Shethia, J.B. Pandya, P.K. Ghosh and P.J. Dodia, B.S. Srivastava, R.Srivastava, Anil Srivastava, V.Chaturvedi and M.Viramani
2.	A process for the recovery of palladium from spent silica	<b>Korean Patent Application No.:</b> 2005-7010029 filed on 2/6/2005; <b>Canadian Patent Application No.:</b> filed on 1/6/2005.	A.B. Boricha, H.C. Bajaj, R.V. Jasra, P. Ghosh and P.K. Ghosh.
3.	A novel device for estimation of brine density in solar salt works from afar	<b>Israel Patent Application No.:</b> 169252 filed on 16/6/2005; <b>Australian Patent Application No.:</b> 2002348764 filed on 21/6/2005; <b>German Patent Application No.:</b> 10297838.7 filed on 21/6/2005; <b>Brazil Patent Application No.:</b> PI0215981 -3 filed on 22/6/2005; <b>Japanese Patent Application No.:</b> 2004 -561720 filed on 22/6/2005; <b>Canadian Patent Application No.:</b> 2511473 filed on 22/6/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 02830095.5 filed on 23/6/2005; <b>Mexican Patent Application No.:</b> PA/A/2005/006981 filed on 23/6/2005; <b>United Kingdom Patent Application No.:</b> 0513292.3 filed on 29/6/2005.	P.K. Ghosh, K.M. Majeethia, M.R. Gandhi, J.N. Parmar, A.M. Bhatt, S.A. Chauhan, V.P. Mohandas and A.U. Hamidani.
4.	An improved process for the preparation of hydrotalcite	<b>Chinese Patent Application No.:</b> 02830085.8 filed on 21/6/2005; <b>Japanese Patent Application No.:</b> filed on 23/6/2005; <b>Israel Patent Application No.:</b> 169375 filed on 23/6/2005; <b>European Patent Application No.:</b> 02790655.1 filed on 28/6/2005.	P.M. Oza, S.H. Mehta, M.V. Sheth, P.K. Ghosh, M.R. Gandhi and J.R. Chunawala.



5.	Animal powered mechanical device for water desalination	<b>Sri Lankan Patent Application No.:</b> 13743 filed on 22/6/2005; <b>Philippines Patent Application No.:</b> 1-2005-501203 filed on 22/6/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 02830094.7 filed on 23/6/2005; <b>US Patent Application No.:</b> 11/169566 filed on 28/6/2005.	N. Pathak, P K Ghosh, S L Daga, V J Shah and S N Patel.
6.	An improved process for the single pot synthesis of 2,4,4,6 - tetrabromo-2,5-cyclohexadienone	<b>Japanese Patent Application No.:</b> filed on 22/6/2005; <b>Soviet Union Patent Application No.:</b> filed on 22/6/2005; <b>Australian Patent Application No.:</b> 2002348765 filed on 22/6/2005; <b>Israel Patent Application No.:</b> 169376 filed on 23/6/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 02830096.3 filed on 23/6/2005; <b>European Patent Application No.:</b> 02781712.1 filed on 29/6/2005.	A.V.Bedekar, G. Ramachandraiah and P.K. Ghosh .
7.	A cost-effective process for preparation of solar salt having high purity and whiteness	<b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN05/00404 filed on 12/9/2005; <b>Ind. Patent Application No.:</b> 2630/DEL/2005 filed on 30/9/2005.	I. Mukhopadhyay, P.K. Ghosh, V.P. Mohandas, A.U. Hamidani, V.R.K.S. Susarla and R.J. Sanghavi.
8.	An improved electrochemical method for oxidation of bromide to bromine	<b>Israel Patent Application No.:</b> 171208 filed on 29/9/2005; <b>Japanese Patent Application No.:</b> filed on 30/9/2005; <b>Australian Patent Application No.:</b> filed on 30/9/2005; <b>Soviet Union Patent Application No.:</b> filed on 28/10/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 03826379.3 filed on 28/10/2005.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, V.R.K.S. Susarla and S.S. Vaghela .
9.	A catalytic process for the preparation of isolongifolene;	<b>Japanese Patent Application No.:</b> 2005-50179 filed on 30/11/2005; <b>Korean Patent Application No.:</b> filed on 30/11/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 03826805.1 filed on 17/1/2006.	R.V. Jasra, B. Tyagi and M.K. Mishra.
10.	An improved process for the preparation of non - hazardous brominating reagent	<b>Australian Patent Application No.:</b> filed on 30/11/2005; <b>Israel Patent Application No.:</b> filed on 30/11/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> filed on 30/11/2005; <b>Japanese Patent Application No.:</b> 2005-500180 filed on 30/11/2005; <b>Soviet Union Application No.:</b> 2005141490 filed on 29/12/2005.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, S. Adimurthy, A.V. Bedekar and D.B. Shukla .
11.	An improved process for the recovery of palladium from spent catalyst	<b>Japanese Patent Application No.:</b> 2005-500181 filed on 30/11/2005; <b>Korean Patent Application No.:</b> filed on 30/11/2005; <b>European Patent Application No.:</b> 03817072.6 filed on 23/12/2005; <b>Chinese Patent Application No.:</b> 03826804.3 filed on 17/1/2006.	R.V. Jasra, P.K. Ghosh, H.C. Bajaj and A.B. Boricha.
12.	A process for the preparation of sodium silicate from kimberlite tailings	<b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN2005/000443 filed on 27/12/2005; <b>US Patent Application No.:</b> 11/375687 filed on 14/3/2006 <b>Ind. Patent Application No.:</b> 3012/DEL/2005 filed on 10/11/2005.	R.V. Jasra, H.C. Bajaj, R.S. Somani, H.M. Mody, J.R. Chunawala, D.L. Ghelani, H.N. Ranpara, D.J. Barochiya, Suresh Chandra, M.K. Dhar, C. Kesava Rao and Kamlesh Kumar
13.	Improved process for the recovery of sulphate of potash (SOP) from Sulphate rich bittern	<b>PCT Patent Application No.:</b> PCT/IN2005/000441 filed on 27/12/2005. <b>Ind. Patent Application No.:</b> 3014/DEL/2005 filed on 10/11/2005.	P. Paul, P.K. Ghosh, K.J. Langalia, P.S. Subramanian, S. Eringathodi, S. Patra and P. Agnihotri.

**PATENTS FILED IN INDIA  
2005-06**

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	An improved iodised salt and a process for its preparation	<b>Indian Patent Application No.</b> 2845/DEL/2005 filed on 27/6/2005.	P.K. Ghosh, S.H. Mehta, J.R. Chunawala, M.V. Sheth and M.R. Gandhi.
2.	A process for eco -friendly synthesis of bromobenzene	<b>Indian Patent Application No.</b> 3823/DEL/2005.	A.V. Bedekar, P.K. Ghosh, S. Adimurthy and G. Ramachandraiah.
3.	Catalytic epoxidation of styrene with molecular oxygen using metal ion exchanged zeolites	<b>Indian Patent Application No.</b> 3486/DEL/2005.	R.V. Jasra and J. Sebastian .
4.	An improved process for the preparation of magnesia (MgO)	<b>Indian Patent Application No.</b> 258/DEL/2006.	P.K. Ghosh, H.L.Joshi, H.H. Deraiya, M.R. Gandhi and R.H. Dave.
5.	An improved process for preparation of magnesia (MgO) from crude Mg (OH) <sub>2</sub>	<b>Indian Patent Application No.</b> 258/DEL/2006.	P.K. Ghosh, H.L. Joshi, H.H. Deraiya, M.R. Gandhi and R.H. Dave.
6.	Catalytic process for the preparation of trans-anethole from methyl chavicol	<b>Indian Patent Application No.</b> 386/DEL/2006 filed on 13/2/2006.	R.V. Jasra, S.K. Sharma and V.K. Srivastava .
7.	Improved k-carrageenase and methods of preparation thereof.	<b>Indian Patent Application No.</b> 0858/DEL/2006 filed on 28/3/2006	Y.N. Khambhaty, K.H. Mody and B. Jha .

**PATENTS GRANTED ABROAD  
2004 2005**

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	Clay based catalytic process for the preparation of acylated aromatic ethers	<b>US Patent No.:</b> 6,730,814 dated 04/5/2004.	R.V. Jasra, S. Muthusamy and Y.M. Badheka.
2.	Preparation of non-hazardous brominating reagents	<b>US Patent No.:</b> 6,740,253 dated 25/5/2004	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, M.R. Gandhi, H.L. Joshi, H.H. Deraiya, R.H. Dave, K. Halder, K.M. Majeethia, S.L. Daga, V.P. Mohandas and R.J. Sanghavi.
3.	Process for generation of finely divided calcium carbonate from calcium carbonate rich industrial by-product	<b>US Patent No.:</b> 6,761,864 dated 13/7/2004.	R.V. Jasra, P.M. Oza, R.S. Somani, J.R. Chunawala, M.V. Sheth, V.V. Thakkar, Y.M. Badheka, J. Ayyer and V.B. Patel .
4.	Recovery of common salt and marine chemicals from brine in integrated manner.	<b>US Patent No.:</b> 6,776,972 dated 17/8/2004.	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, V.P. Mohandas, H.L. Joshi, H.S. Deraiya, R.H. Dave, K. Halder, R.B. Yadav, S.L. Daga, K.M. Majeethia and U.P. Saraiya
5.	Process for generation of precipitated calcium carbonate from calcium carbonate rich industrial by-product	<b>European Patent No.:</b> EP1440037 dated 16/2/2005; <b>US Patent No.:</b> 6,790,424 dated 14/9/2004.	R.V. Jasra, P.M. Oza, R.S. Somani, J.R. Chunawala, M.V. Sheth, V.V. Thakkar, Y.M. Badheka, J. Ayyer and V.B. Patel .

6.	Process for electrochemical oxidation of bromide to bromine	<b>US Patent No.:</b> 6,811,679 dated 2/11/2004.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, V.R.K.S. Susarla and S.S. Vaghela .
7.	An improved process for the removal of calcium ions from the brine by marine cyano-bacteria	<b>US Patent No.:</b> 6,812,011 dated 2/11/2004.	P.K. Ghosh, M.R. Gandhi, A.M. Bhatt, S.A. Chauhan and S. Mishra.
8.	Process for preparing 2,4,4,6-tetrabromo-2,5-cyclohexadienone	<b>US Patent No.:</b> 6,838,582 dated 4/1/2005.	A.V. Bedekar, G. Ramachandraiah and P.K. Ghosh .
9.	A process for the preparation of molecular sieve adsorbent for selective adsorbing nitrogen and argon from a gaseous mixture with oxygen	<b>Singapore Patent No.:</b> 106851 dated 31/1/2005	J.Sebastian and R.V.Jasra
10.	An improved process for cultivation of algae	<b>US Patent No.</b> 6,858,430 dated 22/2/2005	C.R.K. Reddy, O.P. Mairh Prakash, Kumar Guru Rajakrishna, K. Eswaran, P.V. Subba Rao, K.H. Mody and P.K. Ghosh
11.	Process for generation of precipitated calcium carbonate from calcium carbonate rich industrial by-product	<b>European Patent No:</b> EP 1440037B1 dated 16/2/2005	R.V. Jasra, P.M. Oza, R.S. Somani, J.R. Chunawala, M.V. Sheth, V.V. Thakkar, Y.M. Badheka, J. Ayyer and V.B. Patel .
12.	Eco-friendly method of preparation of high purity tetrabromobisphenol-A	<b>Russian Patent No.:</b> 2247105 dated 27/2/2005.	G. Ramachandriah, P.K. Ghosh, A.S. Mehta, R.P. Pandya, A.D. Jethva, S.S. Vaghela and S. Mishra .
13.	A novel device for estimation of brine density in solar works from afar	<b>US Patent No.:</b> 6,865,942 dated 15/3/2005.	P.K. Ghosh, K.M. Majeethia, M.R. Gandhi, J.N. Parmar, A.M. Bhatt, S.A. Chauhan, V.P. Mohandas and A.U. Hamidani.

**PATENTS GRANTED IN INDIA  
2004-05**

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	An improved process for the preparation of chirally enriched epoxide, an intermediate in the synthesis of optically active drug	<b>Indian Patent No.:</b> 191242 dated 26/4/2004.	R.I. Kureshy, N.H. Khan, S.H.R. Abdi, P.K. Iyer, S.T. Patel, S.D. Gomkale and A.K . Bhatt.
2.	A process for the preparation of sodium chloride containing low Ca <sup>++</sup> impurity from sea brine in solar salt works	<b>Indian Patent No.:</b> 191912 dated 11/10/2004.	J.R. Sanghavi, M.H. Vyas, H.N. Shah, R.S. Vaidya, M.R. Gandhi, R.J. Sanghavi and J.M. Parekh.

**Patents: Filed / Granted**

3.	An improved process for the preparation of synthetic hydrotalcite antacid properties	<b>Indian Patent No.:</b> 192168 dated 13/12/2004.	P.M. Oza, S.H. Mehta, M.V. Sheth, M.R. Gandhi, J.R. Chunawala and S.D. Gomkale;
4.	A process for the preparation of novel chiral catalyst useful in the preparation of chirally enriched epoxides	<b>Indian Patent No.:</b> 192294 dated 11/1/2005.	R.I. Kureshy, N.H. Khan, S.H.R. Abdi, P.K. Iyer, S.T. Patel, S.D. Gomkale and A.K. Bhatt .

**PATENTS GRANTED ABROAD  
2005-06**

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	Process for the preparation of a molecular sieve absorbent for the size/shape selective separation of air	<b>US Patent No.</b> 6,878,657, dated 12/04/2005.	R.V. Jasra, C.D. Chudasama and J. Sebastian .
2.	Process for the recovery of low sodium salt from bittern	<b>US Patent No.</b> 6,890,509, dated 10/05/2005.	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, M.R. Gandhi, H.L. Joshi, H.H. Deraiya, R.H. Dave, K. Halder, K.M. Majeethia, S.L. Daga, V.P. Mohandas and R.J. Sanghavi.
3.	Integrated method for production of carrageenan and liquid fertilizer from fresh seaweeds	<b>U.S. Patent No.</b> 6,893,479, dated 17/05/ 2005.	K. Eswaran, P.K. Ghosh, A.K. Siddhanta, J.S. Patolia, C. Periyasamy, A.S. Mehta, K.H. Mody, B.K. Ramavat, K. Prasad, M.R. Rajyaguru, S.Kulandaivel, C.R.K.Reddy, J.B. Pandya and A. Tiwari
4.	Preparation of nutrient salt of plant origin	<b>U.S. Patent No.</b> 6,929,809, dated 17/08/2005.	P.K. Ghosh, M.P. Reddy, J.B. Pandya, S.M. Vaghela, M.R. Gandhi, R.J.Sanghavi, V.G.S. Kumar and M.T. S hah.
5.	An eco -friendly method of preparation of high purity tetra bromo Bisphenol A	<b>Australian Patent No:</b> 781,351 dated 22/1/2006	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, A.S. Mehta, R.P. Pandya, A.D. Jethva, S.S. Vaghela and S. Mishra.
6.	Preparation of nutrient rich salt of plant origin	<b>Australian Patent No:</b> 244,907 dated 06/10/2005	P.K. Ghosh, M.P. Reddy, J.B. Pandya, S.M. Vaghela, M.R. Gandhi, R.J. Sanghavi, V.G.S. Kumar and M.T. Shah .
7.	A process for the eco - friendly synthesis of bromobenzene	<b>U.S. Patent No.</b> 6,956,142, dated 18/12/2005.	A.V. Bedekar, P.K. Ghosh, S. Adimurthy and G. Ramachandraiah.
8.	Process for the preparation of a molecular sieve adsorbent for selective adsorption of nitrogen and argon	<b>Great Britain Patent No:</b> 2,386,889 dated 11/01/2006.	J. Sebastian and R.V. Jasra



## Contract Research

9.	Preparation of nutrient rich salt of plant origin	<b>Israel Patent No:</b> 154,973 dated 21/2/2006	P.K. Ghosh, M.P. Reddy, J.B. Pandya, S.M. Vaghela, M.R. Gandhi, R.J. Sanghvi, V.G.S. Kumar and M.T. Shah .
10.	Improved process for simultaneous recovery of industrial grade potassium chloride and edible salt enriched with KCl (low sodium salt) from bittern	<b>U.S. Patent No.</b> 7,014,832, dated 21/03/2006	R.N. Vohra, P.K. Ghosh, A.B. Kasundra, H.L. Joshi, R.H. Dave, M.R. Gandhi, K.J. Langalia, K. Halder, S.L. Daga, R.D. Rathod, H.H. Deraiya, P.R. Jadav, V.P. Mohandas and A.U. Hamidani

## PATENTS GRANTED IN INDIA 2005-06

No	Title of the Patent	Patent No	Inventors
1.	An improved process for the preparation of chiral epoxides useful as intermediates in the synthesis of chiral drugs	<b>Indian Patent No.</b> 193314, dated 16/12/2005.	R.I. Kureshy, N.H. Khan, S.H.R. Abdi, S.T. Patel, P.K. Iyer and R.V. Jasra .
2.	An improved process for the preparation of non-hazardous brominating reagent	<b>Indian Patent No.</b> 194811, dated 17/02/2006.	G. Ramachandraiah, P.K. Ghosh, S. Adimurthy, A.V. Bedekar and D.B. Shukla .
3.	A process for desalting of amino acids solutions by means of electro dialysis with conducting spacers.	<b>Indian Patent No.</b> 194,985 dated 17/03/2006.	V.K. Shahi, B.S. Makwana, D.K. Gohil, S.K. Thampy, C.R.K. Reddy, R. Rangarajan and P.K. Ghosh.

## II. EXTERNAL CASH FLOW 2004-2005

### A. GRANT-IN-AID PROJECTS

Rupees in lakhs

No	Title of the Project	Funding Agency	Amount Received
1.	National Marine Data Centre on marine chemicals and algal resources parameters	Indian National Center for Ocean Information Services	2.00
2.	Development of solid polymers electrotype reaction using indigenous ion-exchange membranes applications of solid polymer electrotype electrolyzer for the direct conversion of alcohol and acids to aldehydes	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	0.53
3.	Side chain alkylation of toluene with methanol using solid base catalysis.	Indian National Science Academy, New Delhi	0.16
4.	Integrated scale up Cultivation & Processing of Phyco - colloids Seaweeds New Technology	Department of Biotechnology, New Delhi	3.98

## Contract Research

5.	Designing ligands for selective extraction of potassium ion from bittern.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	1.00
6.	Studies of Changes in Sulphated Polysaccharides contents of Seaweeds.	Dept. of Biotechnology, New Delhi	0.62
7.	Studies on the role of bridging agent and non-bonding interactions in tuning metal-metal interface in bi and poly nuclear metal complexes.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.50
8.	Development of enantio-selective catalysis for synthesis of drug intermediates based on chiral BINOL and BINOP metal complexes supported in inorganic porous solids.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.00
9.	Developing ultra pure chalk, compatible chalk board and high performance chalk board duster.	Ministry of Human Resource Development, Govt. of India, New Delhi	1.43
10.	Supra-molecular synthesis of novel inclusion materials based on coordination complexes as building blocks.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	3.00
11.	Studies on carbonyl yield towards the synthesis of terpenoid and alkaloid system.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	3.00
12.	Synthesis and characterization of chiral metal complexes covalently bounded to organic and inorganic support ; a strategy to develop practical heterogeneous chiral epoxidation catalysis.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.00
13.	Project development of agronomic practices and improvement of Jatropha seeds	Dept. of Biotechnology , New Delhi	3.21
14.	Treatment of effluent containing valuable/ toxic metal ions and their recovery by Electro-dialysis.	Ministry of Environment & Forest, Govt. of India, New Delhi	1.70
15.	Development of Heterogeneous Ion-Exchange Membranes to be used in electro -dialysis process for the industrial effluent treatment	Ministry of Environment & Forest, Govt. of India, New Delhi	1.60
16.	Development of a point of use (POU) clean technology in the form of a domestic unit employing a complexing resin for removing As(V) from water .	Ministry of Environment & Forest ,Govt. of India, New Delhi	3.58
17.	Development of village level (1000 LPH) seawater reverse osmosis plant based on 2-stage desalination	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	60.00
18.	Development of durable membrane for the efficient separation of hexane from oil miscella programme	C.S.I.R., New Delhi	5.30
19.	Development of organic/inorganic composites proton exchange membrane for fuel cell applications.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	8.39

## Contract Research

20.	Fluorescent molecular sensors: Design, synthesis and cation recognition study.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	9.00
21.	Studies on Electron/Energy transfer in multi-component donor acceptor systems derived from photoactive Ru(II)-Trisbipyridyl or porphyrin derivatives	Department of Atomic Energy, Board of Research in Nuclear Science (BRNS), Mumbai	4.41
22.	One step hydroxylation of benzene to phenol over transition metal containing hydrotalcites and their modified forms.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	9.00
23.	Synthesis of chiral hydrocyanins as intermediates for industrially important bio - active compounds through chiral catalytic route	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	10.00
24.	Development of Bio-diesel/Biomass	Industrial Extension Bureau (iNDEXTb), Gandhinagar	7.50
25.	Pesticides removal from water using nano-filtration/ Reverse Osmosis membranes: Preparation characterization and performances	International Foundation for Science, Stockholm, Sweden	5.55
<b>Total</b>			<b>151.46</b>

## B. COLLABORATIVE PROJECTS

Rupees in lakhs

S.No	Title of the Project	Funding Agency	Amount Received
1.	Preparation and dissemination of Indian reference material	National Physical Laboratory, New Delhi	2.00
2.	Collaborative project for production of Silica based value added products from Kimberlite waste	National Mineral Development Corporation, Hyderabad	4.00
3.	Establishing new salt farm in Rajasthan.	1.Salt Commissioner, Jaipur 2.Commissioner of Industries Jaipur 3. M/s.Sambhar Salts Ltd, Jaipur	5.11
4.	Biofuel from eroded soil in India.	Daimler Chrysler, Germany	58.06
5.	Development of seaweed polysaccharide based on soft gelatin capsule material.	Strides Arcolab Ltd. Bangalore	34.07
6.	Setting up new commercial pilot plant for the production of potash (SOP) from bittern.	Ardeshir B Curstejee, Mumbai	11.02
<b>Total</b>			<b>114.26</b>

## C. SPONSORED RESEARCH PROEJCTS

Rupees in lakhs

Sr. No	Title of the Project	Funding Agency	Amount Received
1.	Polyolefin Nano-composites	Reliance & NCL, Pune	7.50
2.	To prepare membrane separation module complete system for herbal concentrator with reverse osmosis components	Regional Research Laboratory, Jorhat and Central Institute of Medicinal Plants & Aromatic Plants CIMAP), Lucknow	1.5
3.	Development of viable technology for Hypnea cultivation, harvesting & manufacturing	M/s. Pepsico India Holdings Ltd., Gurgaon.	0.33

## Contract Research

4.	Comparative testing of polyaluminium chloride (KANPAC -10) and commercial alum in water on the ion-exchange properties of strong acid (SAR) and strong resins (SBR)	Kanoria Chemicals & Industries Limited, New Delhi	2.15
5.	Exploratory study on the recovery of manganese from the acid waste in reusable manganese form by physicochemical methods	Atul Ltd. Atul	2.20
6.	Exploratory study on the recovery of chromium from the acid waste in reusable chromium form by physicochemical methods	Atul Ltd. Atul	2.20
7.	Feasibility report for exploiting the possibility of recovering common salt from the saline water available at Kasnau-Matasukh project of RSMML	Rajasthan State Mines and Minerals, Jaipur	3.50
<b>Total</b>			<b>19.38</b>

## D. CONSULTANCY

Rupees in lakhs

Sr. No	Title of the Project	Funding Agency	Amount Received
1.	Environmental Audit	Chief Engineer (G) Wanakbori Thermal Power Station, Dt: Kheda	0.80
		M/s R L Kalathia Ship Braking Pvt. Ltd. Bhavnagar	0.45
		Indian Rayon & Inds. Ltd., Veraval- Junagadh Road, Veraval	1.69
		Gujarat Ambuja Cement Ltd, PO:Ambujanagar, Kodinar.	1.40
		Hindalco Industries Ltd.P. O.Dahej, Dist Bharuch	3.16
		Gujarat Electricity Board, SKV Nagar	0.49
		Kankai Chemicals Pvt. Ltd. Vapi	0.55
		Atul Ltd. Atul	1.93
		Tata Chemicals Ltd., Mithapur, Okhamandal	1.48
		The Veravel Industries Association Ltd., Veraval.	0.79
Perfect Environment Control Systems Ltd., Sarigam Tal., Umargam,	0.41		
2.	Studies on Environmental impact assessment of Eucheuma cultivation at Gulf of Mannar, Tamilnadu.	Pepsico India Holding Pvt, Ltd. Gurgaon	1.30
3.	Brain storming session on chemistry of reactive dyes	Atul Ltd. Atul.	3.00
4.	Manufacturing and export for industrial grade salt.	M/s Adani Exports Ltd., Ahmedabad	3.24 2.16
5.	Marine environmental monitoring work	Hindalco Industries Ltd., Dahej, Dist Bharuch	1.62
		Indian Rayon Industries Ltd. Veraval	0.90
		Gujarat Maritime Board, Gandhinagar	3.30
6.	Environmental Impact Assessment	Bharuch Eco-aqua Infrastructure Ltd. Ankleshwar	3.86
7.	Preparation of the report for setting up free flowing iodized salt plant in Jordan	National Research Development Corporation, New Delhi	0.25
<b>Total</b>			<b>32.78</b>



## ECF realized during the year 2004-2005

Rupees in lakhs

Type of Project	Amount
Grant-in-aid	151.46
Collaborative	114.26
Sponsored	19.38
Consultancy	32.78
Technical assistance(TAP)	4.21
Premium and Royalty	14.25
Analytical Charges	5.21
Others ( SLP)	1.38
<b>Total</b>	<b>342.93</b>

External Cash Flow  
2005-06

## A.GRANT-IN-AID PROJECTS

Rupees in lakhs

No	Title of the Project	Funding Agency	Received during 05 - 06
1.	For 2000 Ltrs Water Per Day in Gujarat /Rajasthan Brackish/Hard Groundwater	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	+--
2.	Designing ligands for selective extraction of potassium ion from bittern.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	0.03
3.	Nano Materials Catalysis & Associated Process Technology For Alkylation Reaction	CSIR, New Delhi	8.96
4.	Fundamental Studies on Nucleation & Crystal Growth Of Zeolites & Hydrotalcite.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.37
5.	Conservation & Propagation of agar yielding seaweeds at Gulf of manner	Ministry of Environment and Forests, Govt. of India, New Delhi	1.68
6.	Studies on carbonyl yields towards the synthesis of terpenoid and alkaloid system.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	0.63
7.	Synthesis and characterization of chiral metal complexes covalently bounded to organic and inorganic support; a strategy to develop practical heterogeneous chiral epoxidation catalysis.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	0.50
8.	Development of Agronomic practices and improvement of Jatropha curcas	Ministry of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	3.21
9.	Treatment of effluent containing valuable/toxic metal ions and their recovery by Electro dialysis.	Ministry of Environment & Forest, Govt. of India, New Delhi	1.70
10.	Studies on Field Cultivation and Harvesting of Seaweeds. Prophyra (Nori) Enteromorpha (Ao-Nori) Eucheuma (Tosaja Nori) and their use in processed foods	Department of Biotechnology, Govt. of India, New Delhi	7.46

## Contract Research

11.	Development of improved electro -dialysis system for obtaining potable water from seawater.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	1.87
12.	Studies on impact of over exploitation of commercial seaweeds on and reefs of Gulf of Mannar	Ministry of Environment & Forest, Govt. of India, New Delhi	
13.	Development of village on 2 stage desalination	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	10.00
14.	Collection, identification and chemical investigation of marine flora	Dept. of Ocean Development, Govt. of India, New Delhi	22.09
15.	Development of Heterogeneous ion - exchange membranes to be used In electro dialysis process for the industrial effluent treatment	Ministry of Environment & Forest, Govt. of India, New Delhi	1.00
16.	Oxidative destruction of organic species in effluent waters: Volta metric investigation of phenols, amines and their derivatives at various catalytic anode materials.	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.00
17.	Development of novel sensing molecules and immobilization of the chemo sensors on to the surface comparative studies in solution state and bound state	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	5.00
18.	Studies on differential expression of salt - induced gene(s) in salicornia Brachiata	Dept. of Biotechnology Govt. of India, New Delhi	4.73
19.	Development of a point of use (POU) clean technology in the form of a domestic unit employing a complexing resin for removing Arsenic (v) from water.	Ministry of Environment & Forest Govt. of India, New Delhi	2.63
20.	Development of organic/inorganic composite proton exchange membrane for fuel cell applications	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	2.50
21.	Fluorescent molecular sensors Design, Synthesis and Characterization recognition study	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	3.00
22.	Studies on Electro/Energy transfer in multi component donor acceptor systems derived from photoactive Ru(II)-Trisbipyridly or porphyrin derivatives	Dept. of Atomic Energy Govt. of India, Mumbai	9.06
23.	Gelling out oil from a complex mixture using low molecular mass organic gelator. Towards the containing oil spill, an environmental hazard	Ministry of Environment & Forest, Govt of India, New Delhi	0.84
24.	Genetic improvement of <i>Jatropha curcas</i> for adaptability and oil yield	Technology Networking and Business Development Division, CSIR, New Delhi	30.80
25.	Study on energy/electron transfer process in donor-acceptor assembly, held by non-covalent interactions	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	3.86
26.	Improved process based on membrane for the recovery of acid and organic compounds from reaction mixture	Dept. of Science & Technology , Govt. of India, New Delhi	12.00

**Contract Research**

27.	Installation of community managed reverse osmosis pilot plant for treatment of brackish/saline/hard water to provide safe drinking water	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	16.00
28.	Photo-Regulation of Permeability Across the Membrane: Preparation, Characterization and Separation Study	Dept of Atomic Energy (DAE), Board of Research in Nuclear Sciences (BRNS), Mumbai	8.28
29.	Hydrophilic modified membranes for charge and size based peptides/proteins separation under coupled driving forces	Dept. of Bio-technology, Govt. of India, New Delhi	5.33
30.	Installation of desalination plant for Abad Kuliadanga in the District of North 24 Parganas.	Office of The Executive Engineer, Barasat Division, P.H. Engineering Dte., Barasat, North 24 Parganas.W.B.	19.50
31.	Installation of desalination unit mounted on launch supplying of drinking water in the Island of Sundarban	Office of The Executive Engineer, P.H. Engineering District of North 24 Parganas.	3.16
32.	Improving quality of salt produced by marginal agarias at Maliya and improving their income through bittern value addition	Industries Commissionerate, Gandhinagar	85.00
33.	Sensors for fluoride, Calcium and Magnesium ions	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	09.00
34.	Development of Technology System for River Water Purification Using MF/RO Membrane for Drinking Water Supply to Ghuni and Chakpatli, Hasnadad Block, West Bengal"	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	40.00
35.	Molecular polymorphism among different strains of Dunaliella (Chlorophyceae; Chlamydomonadales)	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	4.25
36.	Design, synthesis, characterization of single and double stranded metallohelicates and molecular thread: A Chiro-optical device for chiral recognition	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	7.00
37.	Supra-molecular synthesis and characterization of coordination polymers: From structural frame work to functional framework	Dept. of Science & Technology, Govt. of India, New Delhi	4.00
<b>TOTAL</b>			<b>339.44</b>

**COLLABORATIVE PROJECTS**

Rupees in lakhs

No	Title of the Project	Funding Agency	Received during 05-06
1	Establishing new salt farm in Rajasthan.	1) Salt Commissioner, Jaipur 2) Commissioner of Industries, Jaipur 3) M/s.Sambhar Salts Ltd, Jaipur	5.67
2	Production of high quality salt in the inland belts of Gujarat.	1) Salt Commissioner, Jaipur 2) Hindustan Salts Ltd, Jaipur	---
3	Development of a pilot scale electrochemical cell for the preparation of potassium iodate solution for direct salt iodisation	Salt Department of Rajasthan, Jaipur	---
5	Biofuel from eroded soil in India.	Daimler Chrysler, Germany	44.18
6	Development of seaweed polysaccharide based soft gelatin capsule material	M/s Strides Arcolab Ltd. Bangalore	4.95
7	Development of solvent resistant membrane for separation of solvent from de-waxed oil, IOC & CPCL	IOC Faridabad & CPCL, Chennai	9.85
8	Preparation and dissemination of Indian reference material	National Physical Laboratory, New Delhi.	3.25
<b>TOTAL</b>			<b>67.90</b>

**A.SPONSORED RESEARCH PROJECTS**

Rupees in lakhs

No	Title of the Project	Funding Agency	Received during 05-06
1.	To prepare membrane separation module complete system for herbal concentrator with reverse osmosis components	North-East Institute of Science & Technology, Jorhat and Central Institute of Medicinal Plants & Aromatic Plants(CIMAP), Lucknow	3.00
2.	Development of ultra pure water from tape water	Infusil India Pvt. Ltd., Bangalore	5.00
3.	Comparative testing of polyaluminium (KANPAC -10) and commercial alum in water on the ion -exchange properties of strong acid (SAR) and strong base resins (SBR)	M/s Kanoria Chemicals & Industries Ltd., New Delhi	0.15
4.	Exploratory studies on the recovery of chromium from the acid waste in reusable chromium from by physicochemical methods	Atul Ltd., Atul	3.0
5.	Exploratory studies on the recovery of manganese from the acid waste in reusable manganese from by physicochemical methods	Atul Ltd., Atul	3.0
6.	Preparation of chemical hydrid based hydrogen storage sorbets	Korea Institute of Energy Research, Teajon, Korea	16.32



**Contract Research**

7.	Separation of sodium formate from the mixture Pentaerythritol and sodium formate by electro dialysis – using interpolymer ion-exchange membrane	M/s Kanoria Chemicals & Industries Ltd., New Delhi	0.25
8.	To provide method for removal of moisture from bromine and design of unit for the same	Tata Chemicals Ltd. Mithapur	1.00
9.	Development of macroporous ion exchanges for improved stevioside recovery from stevia plant extract.	Institute of Himalayan Bioresource Technology, Palampur (H.P)	3.25
10.	Development of suitable design for 90% product water recovery and 10% seawater-like reject water based on reverse osmosis technology	Gujarat State Fertilizers & Chemicals Ltd., Vadodara	5.51
11.	Supply of RO plants of different capacities to various parties	1. Rajasthan State Mines & Minerals Ltd, Jaipur 2. Social work & Research Centre, Ajmer.	10.31
		<b>Total</b>	<b>50.79</b>

**CONSULTANCY**

Rupees in lakhs

No.	Title of the Project	Funding Agency	Received during 05-06
1.	Environmental Audit for the year 2004	Gujarat Ambuja Ltd, Junagadh	2.20
		Hindalco Industries Ltd., Bharuch	2.20
		Tata chemicals Ltd., Mithapur	3.82
		Kankai Chemicals, Valsad	0.09
		Veraval Industries Ltd., Veraval	6.05
		M/s Indian Rayon, Veraval	1.80
		Atul Ltd, Atul	0.40
2.	Marine environmental monitoring work	M/s Cargil India Pvt. Ltd. Kutch	6.24
		ER Manoj Kaushik, IDSE, Porbandar.	5.99
		Ultratech Cement Ltd, Amreli	0.52
		Indian Rayon , Veraval	0.75
		Chambay Chem Ltd. Ahmedabad	9.10
		Environment Ecell, Gujarat Maritime Board, Gandhinagar	0.50
3.	Improving the yield and quality of salt.	M/s. Gujarat Heavy Chemicals Limited , Sutrapada	2.72
4.	Consultancy project on “Brain storming session on chemistry of reactive dyes”	Atul Ltd. Atul	2.50
5.	Manufacturing and export of industrial grade salt.	M/s Adani Exports Ltd., Ahmedabad	5.40
		<b>Total</b>	<b>50.28</b>

## ECF realized during the years 05-06

Rupees in lakhs

Type of Project	Amount
Grant-in-aid	339.44
Collaborative	67.90
Sponsored	50.79
Consultancy	50.28
Technical assistance (TAP)	08.69
Premium and Royalty	05.85
Analytical Charges	03.42
Others ( LPS; Network; NIMTLI)	33.36
<b>Total</b>	<b>559.73</b>

## Library &amp; Information System

The CSMCRI Library is considered to be a premier one in this region having a rich collection of books, periodicals, reference materials etc in the areas of R & D being carried out in the Institute. Besides catering to the information needs of R & D staff of the institute, the Library also extends facilities to the Visiting Research Scholars , University Staff, R&D Staff of the Industries, Government Officials and others. A brief account of Library collection, facilities, services are as under:-

## COLLECTION OF LIBRARY: 2004-05 and 2005-06

Sr. No.	Particulars	Available as on 1-4-2003	Addition during 2003-04	Collection as on 31-03-2004	Addition during 2004-05	Collection as on 31-3-2005
1.	Books	11671	27	11698	31+48(H)=79	11777
2.	Back Vols.	25780	161	25941	360	26301
3.	Translation	429	0	429	0	429
4.	Photocopy	2123	26	2149	0	2149
5.	Patents	339	1	340	0	340
6.	Standards	761	0	761	0	761
7.	Micro-cards	67	0	67	0	67
8.	Microfilms	1326	0	1326	0	1326
9.	Maps/Charts	265	0	265	0	265
10.	Reprints	2695	2	2697	0	2697
	<b>Total</b>	<b>45456</b>	<b>217</b>	<b>45673</b>	<b>439</b>	<b>46112</b>

## JOURNALS/DATABASES/E-JOURNALS SUBSCRIBED

2004-05

2005-06

1. Foreign Journals	71	69
2. Indian Journals	84	80
3. Bibliographic Databases on CD (CA,BA,CC-A,CC-P)	04	04
4. Access Rights to CD Databases (CSDS, Indian Standards-CHEM, ULLMANN)	03	02
5. Online E-Journals Databases Elsevier, Springer, ACS, RSC, Blackwell, OUP, Cambridge, John Wiley	01	08

## INFORMATION SERVICES

For easy and quick access to current and latest information by the R & D staff, library renders various information services to its readers. Through these services, scientific and technical staff is kept well informed about the current trends in the field of their interest. The services rendered are as follows:

1. Inter-Library Loan Services.
2. Readers' Queries.
3. Document Delivery Service.
4. Bibliographies Using Current Contents and Chemical Abstracts.
5. Reference Service.
6. Literature Search Facility to Outsider.

The library is having specialized up-to-date collection of:

1. International Abstracting & Indexing Services viz., Chemical Abstracts/CD/2001, Biological Abstracts/DVD/2003, Current Contents/FTP/2005.
2. Back Volumes of Journals in Chemistry, Chemical Technology, Biological Sciences and General Sciences.
3. CD-ROM Databases like Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Chemistry Comes Alive, Young Scientists Encyclopedia, World Book Encyclopedia, Cambridge Structural Database System, Indian Standards-Chemical And
4. E-journal online Databases of the following publishers: Elsevier, Springer, ACS, RSC, Blackwell, OUP, Cambridge, and John Wiley.

The outsiders are also granted permission to consult the documents in the library. This fulfills the aim of maximum utilization of library documents.

During the period under report, library has granted permission to outsiders as follows:

## EXTERNAL MEMBERSHIP

External Membership	2003-04	2004-05
Long term permission	09	07
Short term permission	30	20
Corporate members	07	01
Outsiders who consulted the library.	375	300

**DATELINE**

Date	Salient details
April 10, 2004	51 <sup>st</sup> CSMCRI Foundation day. Dr V.S.Chauhan, Director, International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, New Delhi. He gave Foundation Day lecture on “ Research In Infectious Diseases: New Challenges”.
September 26, 2004	Prof. J. Gopalakrishan, Professor, Solid State & Structural Chemistry Unit, IISc, Bangalore delivered a lecture on “Quest for new materials: Chemistry play key role.”
November 24-25, 2004	CSIR Programme on Youth for Leadership in Science (CPYLS) was organized at the Institute. 95 students along with their parents/teachers participated in the programme.
November 28, 2004	Dr. Joachin Vonalt, Project Manager, Energy Sector and Policy Division, Asia Department, Frankfurt, Germany visited the Institute. Interest: Jatropha Cultivation.
December 29, 2004	Mrs. Meenakshi Hooja, Chair Person , Rajasthan State Mines & Minerals Ltd., Jaipur and Mr. P.K. Gautam, Dy. General Manager (Mining), Naguar, Rajasthan came for discussion. Their interest : RO technology; Jatropha/Salicornia Cultivation; Biodiesel – esterification process.
January 1, 2005	Mr. A.B. Panchal District Magistrate, Bhavnagar waved a green flag to the Institute’s bus carrying RO and ED plants to tsunami affected people in Tamil Nadu. Safe and pure drinking water was provided to the affected people. Team consisting of scientists and other staff worked there for 20 days.
January 18-20, 2005	17 <sup>th</sup> National Symposium on Catalysis. “Sustainable Development through Catalysis ”. 17 Foreign delegates and 250 Indian scientists presented their R & D work.
April 6, 2005	Half day seminar on Salt in the commemoration of Platinum Jubilee of Dandi March (75 years). Mr. Dwarkesh Shukal, Sambhar Salt Ltd., Sambhar and Dr. H.G. Sadhu, National Institute of Occupational Health, Ahmedabad gave invited lecture.
April 10, 2005	52 <sup>nd</sup> CSMCRI Foundation Day Celebrated. Prof. V. Krishnan, Chief Guest gave scientific lecture on “Non-covalently linked molecular assemblies”.
April 30, 2005	Honorable Minister Mr. Anilbhai Patel, Minister of Industries & Mines, Govt. of Gujarat. Inaugurated the industrial exhibition arranged on the eve of Gujarat Foundation Day celebration on May 1, 2005.
August 7, 2005	Daimler Chrysler, India conducted a test drive using CSMCRI’s Jatropha bio-diesel in Leh (Khardungla pass) which is 18360 feet, the highest motor able pass in the world.
September 26, 2005	64 <sup>th</sup> CSIR Foundation Day Celebrated. Dr. A.K. Luke was the chief guest of the function and gave address on “Research and Corporate Development”.
November, 10-11, 2005	CSIR Programme on Youth for Leadership in Science (CPYLS) was organized at the Institute. 102 students participated in the programme along with their parents/teachers.

## DEPUTATION/VISIT OF FOREIGN SCIENTISTS TO CSMCRI 2004-2005

1. **Dr. George Francis Germany**, Hohenheim University of Stuttgart, **Germany** visited the Institute under DaimlerChrysler Collaborative Project from 11-15 August, 2004 to discuss the progress made on the Jatropa Project 'Biofuels from Eroded Soils in India'
2. **Koch Bettina, Michael Schwarz, Dagmar Deckstein, Michael Schwlien, Brigitte Haschek, Stephan Schon, Ranty Islam, Sebastian Mnauer, Rudolf Schulze, Klaus Becker, Rudolf Maly, Ruof Gerber, Anita Duscha, Karin Thiemana, Gerd-Udo Hauser, Dr. Michael Inacker, Prof. Herbert Kohler, German** Delegation visited the Institute under the Collaborative Project on Bio diesel from Jatropa oil. They were in the institute for 5 days ( 27<sup>th</sup> September, 2004 to 1<sup>st</sup> October, 2004 ) to learn more about Jatropa cultivation and see the plantations.
3. **Prof. Kae Sugiwara**, Osaka University, Osaka , **Japan** visited the Institute from 24 -26 November, 2004 and had discussion with Dr.Parthasarathi Dastidar, Scientist.
4. **Dr. Joachim Wilhelm Vonalt, Germany** visited the Institute on 28th November, 2004 for discussion with the scientists of Photo salinity discipline on Jatropa Plantations.
5. **Dr. Peter Davidson**, Consultant D1 Oils Limited, Coimbatore, India, visited the Institute on 18th January, 2005 for discussion on the Biodiesel production programme on Jatropa curcas developed by CSMCRI, Bhavnagar.
6. **Mr. Ir. R.M. Werner**, NMCP Senior Business Adviser, **Netherland** visited the Institute on 25th January, 2005 with an interest in Indian Salt Industry.
7. **Prof. Yoshikaru Tsujita**, Nagoya, **Japan**. visited CSMCRI, Bhavnagar on 1st February, 2005 with an interest on membrane science..
8. **Mr. Mohammed Kallemuddin**, UNETIX, Unetix International San Mateo, CA.94402 **USA**. visited the Institute on 3<sup>rd</sup> March, 2005 for discussions on licensing of desalination technologies.
9. **Dr. Stefan Keppeler** and **Dr. Geroge Francis**, DaimlerChrysler AG and Hohenheim University, **Germany** visited the Institute under collaborative project with DC and University of Hohenheim, Germany from 31<sup>st</sup> March, 2005 to 1<sup>st</sup> April, 2005 to finalize the second phase of the Indo-German Project on “Bio fuels from eroded soils in India using Jatropa plants”.

## 2005-2006

1. **Dr. Elder Muteia, Ex-Agricultural Minister of Mozambique, Sumaria Group of Tanzania** visited CSMCRI on 18 August 2006 to understand Indian bio-diesel model and for possible co-operation.
2. **Prof. Dr. Klaus Becker and Dr. George Francis**, University of Hohenheim, **Germany** visited CSMCRI from 24 - 27 August 2005 to discuss the second Phase of Project on “Biofuel from eroded soils in India using Jatropa Plants”.



3. **Ms. Christna Engels**, Student of University of Hohenheim, Stuttgart, **Germany**, visited CSMCRI from 19 September to 23 December 2005 to carry out some practical experiments and estimation of phorbol ester content in *Jatropha* seed samples from different provenances
4. **Mr. Nattapong Seetavoraat, Mr. Pronchai Rajiprapa, Dr. Pornchai Lueanga-papong, Ms. Ratanavalee Inochanon, Mr. Praphon Wongtharua, Miss. Nantika Thangsuphanich, Mr. Prasopsiri Laowanich, Mr. Joompon Sajja-Areevath, Mr. Pramote Vantaksa**, DaimlerChrysler, **Thailand** visited CSMCRI from 28-29 September 2005 to discuss the research project.
5. **Mr. Mohammed Kaleemuddin and Mr. Daniyal Mohammed Kaleem**, Unetix International, **USA** visited CSMCRI from 27-30 September 2005 to discuss the technical aspects of membrane technologies for desalination and to finalize licensing know how agreement with CSMCRI.
6. **Dr. Peter Davidson**, Consultant D 1 Oils PLC, **UK** visited CSMCRI from 27-30 September 2005 to explore ways in which D-1 and CSMCRI could work together particularly in Agronomy and Biodiesel Production technology.
7. **Dr. Ing. Tae-Hwan KIM**, Korea Institute of Energy Research, **Korea** visited CSMCRI from 8-9 December 2005 for discussion and review of the collaborative project.
8. **Mr. Mao Qingguo, Mr. Chen Cunfa, Mr. Chen Cihua, Mr. Lu Shunyi, Mr. Huang Chunjia, Mr. Wang Zeming, Mr. Zheng Yuanji, Mr. Yaug Tinghja, Mr. Zhao Jianguo, Mrs. Liang Peilin, Dr. Fritz Wilke, Mr. Ashek Mahfuz, Mr. E. Kondorosy, Mr. Vladimir M Sedivv, Mr. Andreas Reitze, Mr. Kentaro Nagao, Mr. Arne Van Vliet, Mr. M. S. Patel Of Kenya, Mr. P.M. Kansagra of Kenya, Mr. Kengo Shiba, Mr. Joseph Steven Davis, Ms. Sandara Davis, Mr. Isabella Sdivy, Mr. Lorenzo Petro, Mr. P Mahaseth, of Nepal, Mr. K. Rajbhandari, Nepal, Mr. Wang Jiacheng, Mr. Roy Mottershead of Australia, Mr. S. Schneider of Switzerland** visited CSMCRI Bhavnagar on 21 January 2006 to learn about the front line R&D activities in the area of salt and marine chemicals, and the vital achievements. They had come to India to participate in International Conference on SALT 2006 held at NIRMA University, organized by Confederation of Indian Industry (CII)
9. **Dr. Victoria Claire Allen and Dr. Harpal Minhas**, Royal Society of Chemistry, **UK** visited CSMCRI on 23 February 2006 to build business relationship in publishing and highlighting the structure and activities of the RSC in the global scenario, opportunities for membership and publication of research work.
10. **Mr. Tim Strebe**, DaimlerChrysler AG, **Germany** visited CSMCRI from 19 February to 01 May 2006 to understand the collaboration between CSMCRI and DaimlerChrysler Germany to act as interface between CSMCRI, DC-India and DC-Stuttgart, Germany to support continuous reporting and regular communication for the collaborative project and management studies.
11. **Mr. Christian Walter**, Mettler Toledo, **Switzerland** visited CSMCRI on 22 February 2006 to make presentation on equipments like titrators, density meters, refractometer etc.
12. **Mr. Jorg Boethling and Mr. Klaus Sieg**, DaimlerChrysler AG, **Germany** visited CSMCRI on 23 February 2006 to have interaction with CSMCRI scientists under the Indo-German Project on "Biofuel from *Jatropha*" and to undertake field visit.

13. **Mr. William Kaipa and Mr. Emmanuel IFTO Lubisi**, Researchers Jatropa Biodiesel, Africa (Pvt) Ltd. **South Africa** visited CSMCRI on 28 February 2006 for discussion on Jatropa Biodiesel.
14. **Prof. Dr. Anton Hartmann**, Institute of Soil Ecology, GSF-National Research Centre for Environment and Health, **Germany** visited CSMCRI on 5-15 March 2006 to jointly work on the research project on “Characterization of N-acyl homoserine Lactone mimic substances in a Wide Diversity of Marine Algae”
15. **Mr. Jun Jae Wook**, University of Hanbat **Korea** visited CSMCRI from 12 April to 29 June 2006 to work on the preparation of the most promising Hydrogen storage material and to check reversible material under the collaborative project with CSMCRI.
16. **Dr. M.C. Ruben Lazos Valencia and Dr. Biol Mario Manuel Romero**, Coordinator Relationships Inter institutional Governors Office, State of Michoacán, **Mexico** visited CSMCRI on 17 April 2006 to know the conditions of Jatropa cultivation, aspects of the harvest and industrialization, technology of CSMCRI production, perspective of the production and commercialization.
17. **Mr. Dane Mulddon and his wife Mrs. Erin Alyse Muldoon**, Research and Development Biodiesel Fuels, **Australia** visited CSMCRI on 25-26 April, 2006 to explore collaboration opportunities in the development of Biodiesel in India and Australia

## DEPUTATION ABROAD OF CSMCRI SCIENTISTS

### 2004-2005

1. **Dr. Arvind Kumar**, Scientist-C visited **Germany** under the DAAD Scholarship for 40th International Seminar for Research and Teaching in Chemical Engg. and Physical Chemistry from 3rd May, 2004 to 31st July, 2005 to carry out research work in the area of “Solution Chemistry” at the University of Karlsruhe, **Germany**.
2. **Dr. Suresh E.**, T.O. 'A' visited **Germany** under Equipment training program from 13 June to 18 June, 2004. The Principals M/s. BRUKER-AXS GMBH, Germany provided training for one person for five days at BURKER, **Germany**.
3. **Dr. B. Ganguly**, Scientist-C visited **Germany** under INSA-Germany Bilateral Exchange program from 16 August to 15 November, 2004 'To understand the influence of gauche effect towards the coordination of 1,4-dioxo, 1,4-diaza and 1,4-oxaaza systems with different alkali and alkaline earth metal ions (present in salt bittern) and to develop new parameters for molecular mechanics calculations for such systems.'
4. **Dr. S. Muthusamy**, Scientist-E-I visited **Germany** under the Follow-up programme of Alexander von Humboldt Fellowship from 1st August to 31st October 2004 to carry out scientific research work on 'Synthesis of stable dioxiranes as powerful Oxidizing agents' at Organic Chemistry II, Ruhr University, Bochum, Germany.

## Deputation

5. **Dr. S. Kannan**, Scientist E-I visited **France** to participate in the 13th International Congress on Catalysis from 11-16 2004 held in Paris
6. **Dr. P.K. Ghosh**, Director visited Italy to participate in the International Workshop on “ Safe Drinking Water Innovative Experience” from 24-26 August, 2004 held in Trieste, **Italy**.
7. **Mr. M.R. Gandhi**, Scientist -F visited **Ireland & Germany** to participate in the International conference. From 1-4 November, 2004. He participated in the 6<sup>th</sup> International Conference on “The Scale Up of Chemical Process” at Dublin, Ireland, and from 5-10<sup>th</sup> November, 2004 for discussion on the progress of the collaborative project on Bio-diesel, Germany.
8. **Dr. G.S. Trivedi**, Scientist-C visited **Germany** under the CSIR-DAAD Exchange of Scientist Programme-2004-2005 from 15 April to 11 July 2005 to carry out research work on “ Increasing separation performance by applying thin-layer coating on conventional synthetic membranes ” at Dusseldorf University, Essen, Germany.
9. **Dr. P.K. Ghosh**, Director visited **Germany** to participate in the GRA workshop from 30 May, 2005 to 4 June, 2005 as a member of the Global Research Alliance Water Action Council. He also visited M/s Daimler Chrysler, Stuttgart, Germany to discuss the ongoing *Jatropha curcas* collaborative project.

## 2005-2006

1. **Dr. R.V. Jasra, Scientist-G**, visited **S. Korea** to participate in the International Conference and gave an invited lecture in the symposium on "Clean Chemical Technology" of the 11th Asian Chemical Congress (11th ACC) organized by Federation of the Asian Chemical Societies (FACS) during 24 -26 August, 2005 at Korea University, Seoul and visited KIER, Korea to coordinate the ongoing project on “Development of adsorbents for hydrogen storage” from 27th August to 3rd September 2005
2. **Dr. S.H.R. Abdi, Scientist E-II**, visited Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), Korea under Brain Pool Programme of KOFTS, **Korea** from 03 October 2005 to 02 October 2006.
3. **Dr. D. Jagan Mohan**, visited **Japan** under the Study Leave Grant from 01 October 2005 to 30 September 2006 at the Research Institute of Materials and Resources, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1 Tegata Gauken-machi, Akita-010-8502, Japan.
4. **Dr. C.R.K. Reddy Scientist E-II** visited **Thailand** to present a paper in the Symposium “Progress in Tissue Culture of Economically Important Seaweeds” from 30 October 2005 to 04 November 2005 in the Asia Pacific region APPF-2005 held at Bangkok, Thailand.
5. **Mr. M.R. Gandhi, Scientist-F** visited **Germany** to participate in Daimler Chrysler Environmental Leadership Award Ceremony on 15th November 2005 in Magdeburg, Germany and received the award.

6. **Dr. J.S. Patolia, Scientist-F** visited **Germany** under the collaborative project on “Biofuel from Eroded Soils in India” between CSMCRI and DaimlerChrysler AG, Germany on 22-27 November 2005. He also attended the Phase-II review meeting of a collaborative project on “Biofuel from Eroded Soils in India” with DaimlerChrysler AG, Stuttgart, Germany.
7. **Dr. P.K. Ghosh, Director** visited **Malaysia** and made a presentation on “Biofuels in the Transport and Auto Industry- a case study on the DaimlerChrysler Bio-diesel project in India ” at an International Conference on “Alternative Fuels & Energy Choice -2005” (AFEC-2005) between 7-8 December 2005.
8. **Dr. G. Ramachandraiah Scientist-F** visited **California USA** to participate in the symposium "Plastics in the Marine Environment: Impacts, Analysis, and Fates" and gave a presentation on “Ships for Scrap at Alang Sosiya: Looming of Small Plastics in Marine Sediments”.

### FACILITIES CREATED DURING 2005

- A specially designed mixer cum grinder has been procured for large scale extraction of liquid seaweed fertilizer from Kappaphycus.
- Bandwidth of leased line connection from BSNL has been upgraded from existing 256kbps to 512kbps for faster connectivity (for both internet and mail applications).
- An equipment “Kelplus” was installed for Nitrogen estimation in plants & soil samples.
- A weather monitoring station has been installed which would be useful for EIA studies.
- Facilities are being created at the experimental salt farm for the intake of sea brine for R&D activities at ESF during the next salt season. It is targeted to produce about 3000-4000 tons of the best quality salt at ESF during the current salt season.
- Facilities were created at Matasukh mines at Nagaur for the demonstration of the recovery of salt from the saline water emerging out of the Kasnau and Matasukh mines of RSMML, Nagaur.
- The new Plate & Frame Reverse Osmosis testing unit has been installed. Trials were taken on the new testing unit. The membranes were tested on this unit continuously. Other properties of the membranes were tested as usual every month and membranes have been found stable in oil and hexane so far.
- Modification in TFC coating machine (vertical as well as horizontal) to implement new changes of coating conditions for TFC membrane has been created.
- A High Pressure 100ml stirred static reactor from M/s Reaction Engineers, Korea has been successfully installed by M/s Chemito, India.





# ANNEXURE



## PAPER PUBLISHED

2004-2005

## Analytical Chemistry

1. Covalent assembly of stilbene-based monolayers: Factors controlling molecular interactions; A.D.Shukla, D.Strawser, A.Lucassen, D.Freeman, H.Cohen, A.Das, G.Evmenenko, P.Dutta and Milko.E.vanderBoom; **J. Phys. Chem. B.**, 2004, 108, 17505.
2. Structure-property correlation of A new family of organogelators based on organic salts and their selective gelation of oil from oil/water mixtures; D.R.Trivedi, A.Ballabh, P.Dastidar and B.Ganguly; **Chem. Eur. J.**, 2004, 10, 5311.
3. Mass spectrometric evidence for catenanes and rotaxanes from negative ESI FT-ICR Tandem-MS-experiments; C.A.Schalley, P.Ghosh and M.Engeser; **Int. J. Mass Spectrometry.**, 2004, 232, 249.
4. Nonpolymeric hydrogelators derived from trimesic amides; D.K.Kumar, D.A.Jose, P.Dastidar and A.Das; **Chem. Mater.**, 2004, 16, 2332.
5. Efficient and simple colorimetric fluoride ion sensor based on receptors having urea and thiourea binding sites; D.A.Jose, D.K.Kumar, B.Ganguly and A.Das; **Org. Letter.**, 2004, 6, 3445.
6. Model for type 2 Cu(II) oxidase: structure reactivity correlation studies on some mononuclear Cu(X-Salmeen)Im complexes, where X = H, Cl & Im = Imidazole molecular association, electronic spectra and ascorbic oxidation; P.S.Subramanian, E.Suresh and P.Dastidar; **Polyhedron.**, 2004, 23, 2515.
7. Synthesis and structural characterization of some schiff bases derived from 4-[(aryl-imino)ethyl]-3-methyl-1-(4'-methylphenyl)-2-pyrazolin-5-one and spectroscopic studies of their Cu(II) complexes; R.N.Jadeja, J.R.Shah, E.Suresh and P.Paul; **Polyhedron.**, 2004, 23, 2465.
8. Nonpolymeric hydrogelator derived from N-(4-Pyridyl) isonicotinamide; D.K.Kumar, D.A.Jose, P.Dastidar and A.Das; **Langmuir.**, 2004, 20, 413.
9. Computational study on hydroxybenzotriazoles as reagents for ester hydrolysis; V.Praveen Kumar, B.Ganguly and S.Bhattacharya; **J. Org. Chem.**, 2004, 69, 8634.
10. Facile synthesis of a new class of supramolecular gelator following A combinatorial library approach: Dynamic light scattering (DLS) and small angle neutron scattering (SANS) Studies"; P.Dastidar, S.Okabe, K.Nakano, K.Iida, M.Miyata, N.Tohnai and M.Shibayama; **Chemistry of Materials.**, 2005, 17, 741.
11. Pyridine-catalyzed addition of diaryl-1,2-diones to dimethyl butynedioate leading to the formation of 1,2-Diaroyl dimethyl maleates via an unprecedented rearrangement; V.Nair, A.N.Pillai, R.S.Menon and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 1189.
12. Stereo selective epoxides generation with cyclic rhodium carbenoids: A new access to spiro-indolooxiranes; S.Muthusamy, C.Gunanathan and M.Nethaji; **Synlett.**, 2004, 639.

13. Regioselective synthesis of mono- and bis-decahydrobenzocarbazoles via tandem reactions of diazo ketones; S.Muthuswamy, C.Gunanathan and E.Suresh; **Tetrahedron.**, 2004, 60, 7885.
14. Multicomponent reactions of diazoamides: Diastereoselective synthesis of mono- and bis-spirofurooxindoles; S.Muthusamy, C.Gunanathan and M.Nethaji; **J. Org. Chem.**, 2004, 69, 5631.
15. Imidazolium salts as phase transfer catalysts for the dialkylation and cycloalkylation of active methylene compounds; S.Muthusamy and B.Gnanaprakasam; **Tetrahedron Lett.**, 2005, 46, 635.
16. Facile Chemoselective Rhodium Carbenoid N-H Insertion Reactions: Synthesis of 3-Arylamino- or 3 Heteroaryl piperidin-2-ones; S.Muthusamy and P.Srinivasan; **Tetrahedron Lett.**, 2005, 46, 1063.
17. Ionic liquids as a convenient recyclable medium for the generation of transient carbonyl ylides: Syntheses of oxa and dioxo-bridged polycyclic systems; S.Muthusamy and B.Gnanaprakasam; **Tetrahedron.**, 2005, 61, 1309.
18. Chemoselective synthesis of multiple epoxy-bridged tetrahydropyranone ring systems; S.Muthusamy, J.Krishnamurthi and M.Nethaji; **Tetrahedron Letters.**, 2004, 45, 6485.

### Salt & Marine Chemicals

1. Ionic interactions of calcium sulfate dihydrate in aqueous calcium chloride solutions: solubilities, densities, viscosities, and electrical conductivities at 30°C; A.Kumar, V.P.Mohandas, V.R.K.S.Susarla and P.K.Ghosh; **J. of Solution Chemistry.**, 2004, 33, 991.
2. Ionic interactions of calcium sulfate dihydrate in aqueous sodium chloride solutions: solubilities, densities, viscosities, electrical conductivities and surface tensions at 350°C; A.Kumar, V.P.Mohandas, R.Sanghavi and P.K.Ghosh; **J. of Solution Chemistry.**, 2005, 34, 301.
3. Salt effects on volumetric properties of some n-alkoxyethanols (C1Em, m = 1, 2, and 3) in aqueous solutions at 298.15 K; A.Kumar; **J. of Solution Chemistry.**, 2004, 33, 1585-1599.

### Inorganic Materials & Catalysis

1. Acylation of toluene using rare earth cation exchanged zeolite-β as solid acid catalysts; V.N.Sheemol, B.Tyagi and R.V.Jasra; **J. Mol. Catal. A: Chemical.**, 2004, 215, 201.
2. Environmentally benign route for isomerization of safrole - Hydrotalcite as solid base catalyst; D.Kishore and S.Kannan; **J. Mol. Catal. A: Chemical**, 2004, 223, 225.
3. Isomerization of α-Pinene using modified montmorillonite clays; M.K.Yadav, C.D.Chudasama, R.V.Jasra; **J. Mol. Catal. A: Chemical.**, 2004, 261, 51.
4. Biological and clinical aspects of lanthanide coordination compounds; S.N.Mishra, R.S.Shukla, M.A.Gagnani and I.Devi; **Bio-Inorg. Chem. and Applications.**, 2004, 2, 1.
5. Hydroformylation of 1-hexene catalyzed by water soluble CoCl<sub>2</sub>(TPPTS)<sub>2</sub> in biphasic medium; D.U.Parmar, H.C.Bajaj, R.V.Jasra, B.M.Morosb and V.A.Likholobov; **J. Mol. Catal. A: Chemical.**, 2004, 211, 83.

6. Catalytic asymmetric epoxidation of non-functionalised alkenes using polymeric Mn(III) Salen as catalysts and NaOCl as oxidant; R.I.Kureshy, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, S.Singh, I.Ahmad and R.V.Jasra; **J. Mol. Catal. A: Chemical.**, 2004, 218, 141.
7. Enantioselective epoxidation of non-functionalized alkenes catalyzed by recyclable new homo-chiral dimeric Mn(III) salen complexes; R.I.Kureshy, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, S. Singh, I.Ahmad, R.V.Jasra and A.P.Vyas; **J. Catal.**, 2004, 224, 229.
8. Absorption spectroscopic investigations on  $M [Al(-OC_3H_7)_4]_3$  (M= Pr, Nd)- catalysed reduction of ketones; M.A.Gagnani, R.S.Shukla, G.Ramchandriah and S.N.Misra; **React. Kinet. Catal. Lett.**, 2004, 82, 57.
9. Double bond migration of eugenol to isoeugenol over as-synthesized hydrotalcites and their modified forms; D.Kishore and S.Kannan; **Applied Catal. A General.**, 2004, 270, 227.
10. Influence of synthesis methodology and post treatments on structural and textural variations in  $MgAlCO_3$  hydrotalcite; S.Kannan; **J. Material Science.**, 2004, 39, 6591.
11. A review on asymmetric epoxidation of non-functionalised alkenes using transition metal complexes; S.H.R.Abdi, R.I.Kureshy, N.H.Khan and R.V.Jasra; **Survey of Catalysis.**, Asia. 2004, 8, 187.
12. Chiral molecules: Commercial significance and synthetic strategies I; S.H.R.Abdi, R.I.Kureshy, N.H.Khan and R.V.Jasra; **Chemical Weekly.**, December 2004, 191.
13. Chiral molecules: commercial significance and synthetic strategies II; S.H.R.Abdi, R.I.Kureshy, N.H.Khan and R.V.Jasra; **Chemical Weekly.**, December 2004, 197.
14. Studies on the activity and stability of immobilized  $\alpha$ -amylase in ordered mesoporous silicas; P.H.Pandya, R.V.Jasra, B.L.Newalkara and P.N.Bhatt; **Microporous Mesoporous Materials.**, 2005, 77, 67.
15. Pore-Size engineering of zeolite-A for the size/shape selective molecular separation; C.D.Chudasama, J.Sebastian and R.V.Jasra; **Ind. Engg. Chem. Res.**, 2005, 44, 1780.
16. Absorption spectroscopic investigations involving 4f-4f transitions to explore the kinetics of complexation of Zn(II) with Pr(III)-glutathione complex; M.A.Gagnani, R.S.Shukla, B.L.Raval and S.N.Mishra; **Spectrochim. Acta.**, 2005, A 61, 535.
17. Bimetallic isopropoxides  $M[Al(-OC_3H_7)_4]_3$  (M=Pr, Nd) catalyzed reduction of 2-octanone and benzophenone; S.N.Mishra, R.S.Shukla and M.A.Gagnani; **J. Colloid and Inter. Sci.**, 2005, 281, 164.
18. A full chapter entitled, "Solid acid catalysts for acylation of aromatics" authored by R.V.Jasra is accepted for publication in the forthcoming volume on "**Focus on Catalysis Research**"., to be published in 2005 by Nova Science Publishers, New York, USA.
19. Ruthenium complex catalyst system for selective oxidation of cyclohexane to cyclohexanone by molecular oxygen; R.S.Shukla; **Reaction Kinet. Catal. Lett.**, 2005, 84, 109.

20. The Rh, Co, Ru metal- catalyzed hydroformylation of hex-1-ene using triphenylphosphine, triphenylarsine and triphenylantimony as ligands; V.K.Srivastava, R.S.Shukla, H.C.Bajaj and R.V.Jasra; **Applied Catalysis A.**, 2005, 282, 31.
21. Solvent free isomerization of methyl chavicol to trans-anethole using transition metal complexes as catalysts; S.K.Sharma, V.K.Srivastava and R.V.Jasra; **Catalysis Commun.**, 2005, 6, 205.
22. Powder X-ray diffraction basics, techniques and application. S.Kannan, Published for a workshop on “Refresher Course in Experimental Physics” organized by Indian Academy of Sciences, during 25<sup>th</sup> October to 7<sup>th</sup> November 2004 held at Department of Physics, Bhavnagar University.
23. Hydrotalcites as potential catalysts for phenol hydroxylation S.Kannan, Chapter of a book entitled “**Focus on Catalysis Research**”, Nova Science Publishers, New York, USA, 2005.
24. Kinetic studies on the hydroformylation of 1-hexene using  $\text{RhCl}(\text{AsPh}_3)_3$  as a catalyst; V.K.Srivastava, S.K.Sharma, R.S.Shukla, N.Subrahmanyam and R.V.Jasra; **Ind. Engg. Chem. Res.**, 2005, 1764.
25. Catalysis and sustainable growth of Modern Civilization, R.V.Jasra; **Chemical Weekly.**, 8 February, 2005 and **Saket Industry Digest.**, March 2005.

### Reverse Osmosis

1. A case study of long term reverse osmosis plant operation without chemical pretreatment; V.J.Shah, C.V.Devmurari, S.V.Joshi, J.J.Trivedi, A.Prakash Rao and P.K.Ghosh; **Desalination.**, 2004, 161, 137.
2. Grafting: A versatile means of polymer modification techniques, factors and applications; A.Bhattacharya and B.N.Misra; **Prog. in Polym. Sci.**, 2004, 29, 767.
3. Effect of polymeric surface active agents in the phase inversion step of asymmetric membrane formation; J.M.Gohil, A.Bhattacharya and P.Ray; **J. Surf. Sci. Tech.**, 2004, 20, 1.
4. Studies on surface tension of poly(vinyl alcohol) : Effect of concentration, temperature and addition of chaotropic agents; A.Bhattacharya and P.Ray; **J. Appl. Polym. Sci.**, 2005, 93, 122.
5. Reverse osmosis membrane: Theory and application in separation of electrolytes; A.Bhattacharya and P.Ghosh; Review. **Chem Engg.**, 2005, 20, 111.

### Electro Membrane Processes

1. Development of urethane acrylate composite membranes and their electrochemical characterization; R.K.Nagarale, V.K.Shahi, R.Rangarajan, R.Schubert and R.Mehnert; **J. Colloid and Inter. Sci.**, 2004, 270, 446.
2. Studies on transport properties of short chain aliphatic carboxylic acids in electrodialytic separation; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi, G.S.Trivedi, S.K.Thampy and R.Rangarajan; **Desalination.**, 2004, 171, 195.

3. Studies on electrochemical characterization of polycarbonate and polysulfone based heterogeneous cation-exchange membranes; R.K.Nagarale, V.K.Shahi, S.K.Thampy and R.Rangarajan; **Reactive & Functional Polymers.**, 2004, 61, 131.
4. Comparative studies on electrochemical characterization of homogeneous and heterogeneous type of ion-exchange membranes; G.S.Gohil, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **Journal of Membrane Science.**, 2004, 240, 211.
5. Preparation and electrochemical characterization of cation- and anion- exchange/polyaniline composite membranes; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi, G.S.Trivedi and R.Rangarajan; **J. Colloid and Inter. Sci.**, 2004, 277, 162.
6. Studies on the resistance developed at different stages in an electrodiaylsis stack operated in series cum parallel flow pattern; S.K.Adhikary, J.M.Gohil and P.Ray; **J.Memb. Sci.**, 2005, 245, 131.
7. Comparative studies on performance of interpolymer and heterogeneous ion-exchange membranes for water desalination by electrodialysis; B.G.Shah, V.K.Shahi, S.K.Thampy, R.Rangarajan and P.K.Ghosh; **Desalination.**, 2005, 172, 257.
8. Preparation of polyvinyl alcohol-silica hybrid heterogeneous anion-exchange membranes by sol-gel method and their characterization; R.K.Nagarale, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **Journal of Membrane Science.**, 2005, 248, 37.
9. Preparation and electrochemical characterizations of cation-exchange membranes with different functional groups; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engg. Aspects.**, 2004, 251, 133.
10. Reductive dehalogenation of halophenols in bisulfate-sulfite medium; S.Adimurthy and G.Ramachandraiah; **Tetrahedron Lett.**, 2004, 45, 5251.
11. Unusual oxidation stability of a multidentate primary amine ligand: facile synthesis of the oxo-bridged diiron(III) complex; J.P.Lpez, F.W.Heinemann, A.Grohamann, O.Horner, J.M.Latour and G.Ramachandraiah; **Inorg. Chem. Communs.**, 2004, 7, 773.
12. Organic-Inorganic hybrid membrane: Thermally stable cation exchange membrane by Sol-Gel method; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **Macromolecules.**, 2004, 37, 10023.
13. Seasonal distribution and contamination levels of total PHCs, PAHs and heavy metals in coastal waters of the Alang Sosiya ship scrapping yard, Gulf of Cambay, India; M.Srinivasa Reddy, S.Basha, H.V.Joshi and G.Ramachandraiah; **Chemosphere.**, 2005, 61, 1587.
14. Laboratory studies of electrochemical treatment of industrial azo dye effluent; G.Ramachandraiah, S.S.Vaghela, B.B.Mehta, S.P.Dave and S.Adimurthy; **Enivron. Sci. Technol.**, 2005, 39, 2848.
15. Spectrophotometric estimation of bromide ion in excess chloride media; S.Adimurthy, V.R.K.S.Susarla, M.P.Reddy and G.Ramachandraiah; **Talanta.**, 2005, 67, 891.



## Separation Technology

1. Removal of fluoride ion from aqueous bodies by aluminium complexed amino phosphonic acid type resins; D.B.Bhatt, P.R.Bhatt, H.Hari Prasad, K.M.Popat and P.S.Anand; **Ind. Jour. Chem. Technol.**, 2004, 11, 299.

## Marine Biotechnology & Ecology

1. Tissue culture and regeneration of thallus from callus of *Gelidiella acerosa* (Gelidiales, Rhodophyta); G.Rajakrishna Kumar, C.R.K.Reddy, M.Ganesan, S.Tiruppathi, S.Dipakkore, K.Eswaran, P.V.Subba Rao and B.Jha; **Phycologia.**, 2004, 43, 596.
2. Kinetic studies on thermal denaturation of C-phycoyanin; A.Patel, R.Pawar, S.Mishra, S.Sonawane and P.K.Ghosh; **Ind. J. of Biochemistry & Biophysics.**, 2004, 41, 254.
3. Accumulation of hexavalent chromium by an exopolysaccharide producing marine enterobacter cloaceae; A.Iyer, K.H.Mody and B.Jha; **Marine Pollution Bulletin.**, 2004, 49, 974.
4. Biosorption of heavy metals by a marine bacterium; A.Iyer, K.H.Mody and B.Jha; **Marine Pollution Bulletin.**, 2004, 50, 342.
5. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments at Alang Soshiya ship scrapping yard, India; M.S.Reddy, S.Basha, V.G.Sravan Kumar, H.V.Joshi and G.Ramachandraiah; **Marine Pollution Bulletin.**, 2004, 48, 1055.
6. Tolerance and accumulation of hexavalent chromium by two seaweed associated Aspergilli; A.Vala, P.Bhatt, N.Anand and H.V.Joshi; **Marine Pollution Bulletin.**, 2004, 48, 983.
7. Microbial degradation of phenol in seawater sediments of Arabian Sea; S.Mishra; **Nature Environment and Pollution Technology.**, 2004, 3, 549.
8. Influence of post harvest treatment on shelf life and agar quality in seaweeds *Gracilaria edulis* (Rhodophyta / Gigartinales) and *Gelidiella acerosa* (Rhodophyta / Gelidiales); M.Ganesan, P.V.Subba Rao and B.Jha; **Ind. J. Marine Sciences.**, 2004, 33, 269.
9. Rediscovery of *Caulerpa lentillifera*: A potential food alga from Samiani Island, West Coast of India; V.A.Mantri; **Current Science.**, 2004, 87, 1321.
10. Micro-structural and chemical characterization of fly ash and its environmental perspective; M.S.Reddy, S.Basha, H.V.Joshi and B.Jha; **Ind. J. of Environmental Protection.**, 2004, 24, 90.
11. Studies on the treatment of tannery effluent by lab model activated sludge unit (ASU) and role of coagulants; M.S.Reddy, S.Basha, H.V.Joshi, V.G.Sravan Kumar and B.Jha; **Ind. J. Environmental Protection.**, 2004, 24, 353.
12. Chemical composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezzi* (Doty); M.Fayaz, K.K.Namitha, K.N.Chidambara Murthy, M.Mahadeva Swamy, R.Sarada, S.Khanam, P.V.Subba Rao and G.A.Ravishankar; **J. Agri. Food Chemistry.**, 2005, 53, 792.

13. An assessment for energy potential of solid waste generated from a ship-scraping yard at Alang; M.S.Reddy, H.V.Joshi, Shaik Basha and V.G.Sravan Kumar, **Inter. J. Solid waste Techn. & Managn.**, 2004, 30, 90.

### Wasteland Research

1. Plant regeneration from callus cultures in Suaeda nudiflora (Wild.) Moq.; A.Singh, J.Chikara and J.B.Pandya; **Ind. J. Biotechnology.**, 2004, 3, 454.
2. Seasonal variation in iodine content of promising iodine yielding seaweeds of Indian coast; M.P.Reddy, S.H.Zaidi, V.Subramanayam and P.V. Subba Rao; **Seaweed Research and Utilizations.**, 2004, 26, 159.
3. A study on *Salicornia* (*S. brachiata* Roxb.) in Salinity Ingressed Soils of India. J.B.Pandya, R.H.Gohil, J.S.Patolia, M.T.Shah and D.R.Parmar; **Inter. J. of Agri. Res.**, 2006, 1, 91-99, .
4. Characterization of soils of tsunami affected coastal areas of Tamil Nadu for agronomic rehabilitation; D.R.Chaudhary, A.Ghosh and J.S.Patolia; **Current Science.**, (2006)91:99-104.
5. Agronomic rehabilitation of tsunami affected areas of Tamil Nadu; D.R.Chaudhary, A.Ghosh and J.S.Patolia; **KisanWorld.**, 2007, 34:54.

### 2005-2006

#### Analytical Chemistry

1. 1st-snapshot of a nonpolymeric hydrogelator interacting with its gelling solvents; D.K.Kumar, D.A.Jose, A.Das and P.Dastidar; **Chem. Comm.**, 2005, 32, 4059.
2. A comparative langmuir-blodgett study on a set of covalently-linked porphyrin-based amphiphiles - A detailed atomic-force microscopic study; P.Sun, D.A.Jose, A.D.Shukla, J.J.Shukla, A.Das, J.F.Rathman and P.Ghosh; **Langmuir.**, 2005, 21, 3413.
3. Facile preparation and structure-property correlation of low-molecular-mass organic gelators derived from simple organic salts; D.R.Trivedi, A.Ballabh and P.Dastidar; **J. Mat. Chem.**, 2005, 15, 2606.
4. Ab-initio study and its comparison with x-ray crystal-structure of 4-[1-(4-chloro-phenylamino)-ethyl]-5-methyl-2-p-tolyl-2,4-dihydro-pyrazol-3-one; R.N.Jadeja, R.N.Shirsat and E.Suresh; **Structural Chemistry.**, 2005, 16, 515.
5. Mixed-ligand complexes of ruthenium(ii) containing new photoactive or electroactive ligands - synthesis, spectral characterization and dna interactions; T.Ghosh, B.G.Maiya, A.Samanta, A.D.Shukla, D.A.Jose, D.K.Kumar and A.Das; **J. Biological Inorg. Chem.**, 2005, 10, 496.
6. Strongly coupled ruthenium-polypyridyl complexes for efficient electron injection in dye-sensitized semiconductor nanoparticles; G.Ramakrishna, D.A.Jose, D.K.Kumar, A.Das, D.K.Palit and H.N.Ghosh; **J. Phy. Chem. B.**, 2005, 109, 15445.

7. Towards understanding of the selective precipitation of alkali-metal cations in presence of dipicrylamine anion; S.Eringathodi, P.Agnihotri, B.Ganguly, P.Bhatt, P.S.Subramanian, P.Paul, and P.K.Ghosh; **European J. Inorg. Chem.**, 2005, 11, 2198.
8. Regioselective nucleophilic addition to carbonyl ylide intermediates - a novel diastereoselective synthesis of cycloalkyl fused furan-3-ones; S.Muthusamy, B.Gnanaprakasam and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 4577.
9. Counter anion-controlled water cluster recognition in a protonated octaamino cryptand; P.S.Lakshminarayanan, D.K.Kumar and P.Ghosh; **Inorg. Chem.**, 2005, 44, 7540.
10. From diamondoid network to (4,4) net - effect of ligand topology on the supramolecular structural diversity; D.K.Kumar, D.A.Jose, A.Das and P.Dastidar; **Inorg. Chem.**, 2005, 44, 6933.
11. Synthesis, characterization, physicochemical, and photophysical studies of redox switchable nir dye derived from a ruthenium-dioxolene-porphyrin system; D.A.Jose, A.D.Shukla, D.K.Kumar, B.Ganguly, A.Das, G.Ramakrishna, D.K.Palit and H.N.Ghosh; **Inorg. Chem.**, 2005, 44, 2414.
12. Cu(II) complexes with labile apical coordination - synthesis, crystal-structure, h-1-nmr investigation, and oxidation properties of mononuclear [cu-ii(dien)(2-phim)(clo4)](+) (1), [cu-ii(dien)(2-mebzim)](2+) (2), complexes; P.S.Subramanian, E.Suresh and R.S.Shukla; **Inorg. Chimica Acta.**, 2005, 358, 2651.
13. Formation of an infinite 2d-layered water of (H<sub>2</sub>O)<sub>45</sub> cluster in a cryptand-water supramolecular complex - a template effect; P.S.Lakshminarayanan, E.Suresh and P.Ghosh; **J. American Chem. Soc.**, 2005, 127, 13132.
14. Ionic liquids as a convenient recyclable medium for the generation of transient carbonyl ylides - syntheses of oxa and dioxo-bridged polycyclic systems; S.Muthusamy and B.Gnanaprakasam; **Tetrahedron.**, 2005, 61, 1309.
15. Urea and thiourea based efficient colorimetric sensors for oxyanions; D.A.Jose, D.K.Kumar, B.Ganguly and A.Das; **Tetrahedron Letters.**, 2005, 46, 5343.
16. Facile chemoselective rhodium carbenoid n-h insertion reactions - synthesis of 3-arylamino piperidin-2-ones or 3-heteroaryl piperidin-2-ones; S.Muthusamy and P.Srinivasan; **Tetrahedron Letters.**, 2005, 46, 1063.
17. Imidazolium salts as phase dialkylation and cycloalkylation transfer catalysts for the of active methylene-compounds; S.Muthusamy and B.Gnanaprakasam; **Tetrahedron Letters.**, 2005, 46, 635.
18. Zeolite membrane-based artificial photosynthetic assembly for long-lived charge separation; Y.Kim, A.Das, H.Y.Zhang and P.K.Dutta; **J. Phy. Chem. B.**, 2005, 109, 6929.
19. Highly regioselective, chemoselective and diastereoselective synthesis of oxa-bridged spirocycles - a novel observation of reverse selectivity; S.Muthusamy, J.Krishnamurthi and M.Nethaji; **Chem. Comm.**, 2005, 30, 3862.

20. Highly regioselective and stereoselective [3+2]-cycloaddition of carbonyl ylides with imines - a novel entry to oxa-bridged piperidinone ring-systems; S.Muthusamy, J.Krishnamurthi and E.Suresh; **Synlett.**, 2005, 19, 3002.
21. Reaction of huisgen zwitterion with 1,2-benzoquinones and isatins - expeditious synthesis of dihydro-1,2,3-benzoxadiazoles and spirooxadiazolines; V.Nair, A.T.Biju, A.U.Vinod and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 5139.
22. Engaging the pyridine-dmad zwitterion in a novel strategy for the selective synthesis of highly substituted benzene and cyclopentenedione derivatives; V.Nair, A.N.Pillai, P.B.Beneesh and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 4625.
23. 2-unprecedented multi-component reactions involving n-heterocyclic carbenes, activated acetylenes, and aldehydes; V.Nair, V.Sreekumar, S.Bindu and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 2297.
24. Reaction of diaryl-1,2-diones with triphenylphosphine and diethyl azodicarboxylate leading to n,n-dicarboethoxy monohydrazones via a novel rearrangement; V.Nair, A.T.Biju, K.G.Abhilash, R.S.Menon and E.Suresh; **Organic Letters.**, 2005, 7, 2121.
25. Diels-alder reactions of bis(spirodienone) derivatives of calix[4]arene with acetylenes - highly regioselective-synthesis and stereoselective-synthesis of bisbicyclo[2.2.2]octenone derivatives; R.L.Varma, V.B.Ganga and E.Suresh; **Tetrahedron Letters.**, 2005, 46, 3061.
26. Study of the competitive binding of mixed alkali and alkaline earth metal ions with dibenzo-30-crown-10; P.Agnihotri, E.Suresh, B.Ganguly, P.Paul and P.K.Ghosh; **Polyhedron.**, 2005, 24, 1023.
27. Electrochemical addressing of the optical properties of a monolayer on a transparent conducting substrate; A.D.Shukla, A.Das and Milko E. van der Boom; **Angewandte Chemie-International Edition.**, 2005, 44, 3237.
28. Ascertaining 1d hydrogen-bonded network in organic ionic solids; A.Ballabh, D.R.Trivedi and P.Dastidar; **Crystal Growth & Design.**, 2005, 5, 1545.
29. Controlling the rate of shuttling motions in [2] rotaxanes by electrostatic interactions: a cation as solvent-tunable brake; P.Ghosh, G.Federwisch, M.Kogej, C.A.Schalley, D.Hasse, W.Saak, A.Lützen and R.Gschwind; **Organic & Biomolecular Chemistry.**, 2005, 3, 2691.
30. Nucleobases in molecular recognition: molecular adducts of adenine and cytosine with cooh functional groups; S.R.Perumalla, E.Suresh and V.Rao Pedireddi; **Angewandte Chemie-International Edition.**, 2005, 44, 7752.
31. How robust is the n-h...Cl<sub>2</sub>-Cu synthon? Crystal structures of some perchlorocuprates; D.Krishna Kumar, A.Ballabh; A.D.Jose; P.Dastidar and A.Das; **Crystal Growth & Design.**, 2005, 5, 651.
32. N-pyridin-2-ylhydrazine carbothioamide; P.F.Rapheal, E.Manoj, M.R.Kurup Prathapachandra and E.Suresh; **Acta Crystallographica Section E-Structure Reports Online.**, 2005, E61, 2243.
33. Chemospecific and diastereol selective synthesis of bis-dioxabicyclo[2.2.1] heptanone ring systems; S.Muthusamy, J.Krishnamurthi and E.Suresh; **Arkivoc.**, 2005, (XI) 146.

34. Dynamics of charge transfer in strongly coupled porphyrin dye sensitized wide bandgap semiconductor nanoparticles; G.Ramakrishna, D.A.Jose, D. Krishna Kumar, A.Das, D.K.Palit and H.N.Ghosh; **J. Phys. Chem. B.**, 2006, 110, 9012.
35. Ultrafast dynamics and excited state deactivation of [Ru(bpy)<sub>2</sub>Sq]<sup>+</sup> and its derivatives; G.Ramakrishna, D.A.Jose, D.Krishna Kumar, A.Das and H.N.Ghosh; **J. Phys. Chem. B.**, 2006, 110, 10197.
36. How to thread a string into the eye of a molecular needle: Template-directed synthesis of mechanically interlocked molecules in; M.Kogej, P.Ghosh and C.A.Schalley; **Strategies and Tactics in Organic Synthesis.**, M. Harmata (Hrsg.), 2004, 4, 171.
37. Formation of hybrid water-chloride structure with discrete undecameric water self-assembly in a heptaprotonated octaamino cryptand; P.S.Lakshminarayanan, E.Suresh and P.Ghosh; **Angew. Chem. Int. Ed.**, 2006, 45, 3807.
38. Synthesis and characterization of a tripodal amide ligand and Its binding with anions of different dimensionality; P.S.Lakshminarayanan, E.Suresh and P.Ghosh; **Inorganic Chemistry.**, 2006, 45, 4372.
39. Instant gelation of various organic fluids including petrol at room temperature by a new class of supramolecular gelators; D.R.Trivedi and P.Dastidar; **Chem. Mater.** 2006., 18, 1470.
40. Non-covalent syntheses of supramolecular organo-gelators; D.R.Trivedi, A.Ballabh and P.Dastidar; **Crystal Growth & Des.**, 2006, 6, 763.
41. Supramolecular hydrogen bond isomerism in organic salts: A transition from 0D to 1D; D.R.Trivedi and P.Dastidar; **Crystal Growth & Des.**, 2006, 6, 1022.
42. N-H...Cl<sub>2</sub>-M Synthons as a structure-directing tool: Crystal structures of some perchlorometallates; D.Krishna Kumar, A.Das and P.Dastidar; **Crystal Growth & Des.**, 2006, 6, 216.
43. From Non-functional lamellae to functional nanotubes; A.Ballabh, D.R.Trivedi and P.Dastidar; **Org. Lett.**, 2006, 8, 1271.
44. Exploring hydrogen-bond capable backbone and ligating topologies: Co(II) coordination polymers derived from mixed ligand systems; D.Krishna Kumar, A.Das and P.Dastidar; **J. Mol. Structure.**, 2006, 796, 139.
45. Reductive dehalogenation of halophenols in sulfite-bisulfate medium; S.Adimurthy and G.Ramachandraiah; **Tetrahedron Lett.**, 2004, 45, 5251.
46. Laboratory studies of electrochemical treatment of industrial azo dye effluent; S.S.Vaghela, A.D.Jethva, B.B.Mehta, S.P.Dave, S.Adimurthy and G.Ramachandraiah; **Environ. Sci. Tech.**, 2005, 39, 2848.
47. Spectrophotometric estimations of bromide in excess chloride medium; S.Adimurthy, V.R.K.S.Susarla, M.P.Reddy and G.Ramachandraiah; **Talanta.**, 2005, 67, 891.
48. Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya ship-breaking yard; M.S.Reddy, S.Basha, S.Adimurthy and G.Ramachandraiah; **Estuarine, Coastal and Shelf Science.**, 2006, 68, 656.



49. Highly Regio- and stereoselective [3+2] cycloaddition of carbonyl ylides with imines: A novel entry to oxa-bridged piperidinone ring systems; S.Muthusamy, J.Krishnamurthi and E.Suresh; **Syn.Lett.**, 2005, 19, 3002.
50. A sterically encumbered regioselective cycloaddition of calixarene derived bis(spirodienone) with 1,2-benzo-quinones; R.Luxmi Varma, V.B.Ganga, E.Suresh and C.H.Suresh; **Tetrahedron Lett.**, 2006, 47, 917.
51. N-Heterocyclic carbene catalyzed reaction of enals and 1,2-dicarbonyl compounds: stereoselective synthesis of spiro  $\alpha$ -butyrolactones; V.Nair, S.Vellalath, M.K.Poonoth, R.Mohan and E.Suresh; **Org. Lett.**, 2006, 3, 507.
52. CAN-mediated stereoselective cyclization of epoxypropylcinnamyl amines to 3,4,5-trisubstituted piperidines and supramolecular assembly of the latter aided by ethyl acetate; V.Nair, K.Mohanan, T.D.Suja and E.Suresh; **Tetrahedron Lett.**, 2006, 47, 705.
53. Structural, antimicrobial and spectral studies of copper(II) complexes of 2-benzoylpyridine *N*(4)-phenyl thiosemi carbazone; M.Joseph, M.Kuriakose, M.R.P.Kurup, E.Suresh, A.Kishore and S.G.Bhat; **Polyhedron.**, 2006, 25, 61.
54. Synthesis, crystal structures, cation binding property and influence of intra-molecular C H...O interactions on complexation of a family of *p*-tert-butylcalix[4]arene-crown-5 compounds; P.Agnihotri, E.Suresh, P.Paul and P.K.Ghosh; **Eur. J. Inorg. Chem.**, 2006, 3369.

### Salt & Marine Chemicals

1. Enrichment of bromine in sea-bittern with recovery of other marine chemicals; R.H.Dave and P.K.Ghosh; **Ind. Engg. Chem. Res.**, 2005, 44, 2903.

### Inorganic Materials & Catalysis

1. New Immobilized chiral Mn (III) salen complexes on pyridine N-oxide modified MCM-41 as effective catalysts for epoxidation of non-functionalized alkenes; R.I.Kureshy, I.Ahmad, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, S.Singh, P.Pandya and R.V.Jasra; **J. Catal.**, 2005, 235, 28.
2. Encapsulation of a chiral Mn(III)(salen) complex in ordered mesoporous silicas: an approach towards heterogenizing asymmetric epoxidation catalysts for non-functionalized alkenes; R.I.Kureshy, I.Ahmad, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, K.Pathak and R.V.Jasra; **Tetrahedron Asymmetry.**, 2005, 16, 3562.
3. Synthesis and characterization of CuMgAl ternary hydrotalcites as catalysts for the hydroxylation of phenol; S.Kannan, A.Dubey and H.Knozinger; **J. Catal.**, 2005, 231-381.
4. Textural and structural properties of mesoporous silica synthesized under refluxing conditions; R.S.Somani, C.H.Ko, S.S.Han and S.H.Cho; **J. Porous Materials.**, 2005, 12, 87.
5. Liquid phase hydroxylation of benzene over Cu-containing ternary hydrotalcites; A.Dubey and S.Kannan; **Catal. Commun.**, 2005, 6, 394.

6. Sorption of nitrogen, oxygen and argon in silver exchanged zeolites; J. Sebastian and R.V. Jasra; **Ind. Eng. Chem. Res.**, 2005, 44, 8014.
7. Solid acid catalysts for cleaner industries alkylation processes; B. Tyagi, R.V. Jasra, N.V. Choudary and M. Siddiqui, published in Compedium brought in the memory of Lovraj Kumar, November, 2005.
8. Catalytic processes for hydroformylation of alkenes for producing oxo-products; S. Sharma, V. Srivastava and R.V. Jasra published in Compedium brought in the memory of Lovraj Kumar, November, 2005.
9. Cu(II) complexes with labile apical coordination: Synthesis, crystal structure, <sup>1</sup>H NMR investigation, and oxidation properties of mononuclear [CuII(dien)(2-PhIm)(ClO<sub>4</sub>)]<sup>+</sup> (1), [CuII(dien)(2-MeBzIm)]<sup>2+</sup>(2), complexes; P.S. Subramanian, E. Suresh and R.S. Shukla; **Inorg. Chim. Acta.**, 2005, 358, 2651.
10. Improved catalytic activity of homochiral dimeric cobalt salen complex in hydrolytic kinetic resolution of terminal racemic epoxides; R.I. Kureshy, S. Singh, N.H. Khan, S.H.R. Abdi, I. Ahmad, A. Bhatt and R.V. Jasra; **Chirality.**, 2005, 17, 1.
11. Rh, Co, Ru and Pd metal complexes catalyzed hydroformylation of ethylene using triphenylphosphine, triphenylarsine and triphenylantimony as ligands; V.K. Srivastava, S.D. Bhatt, R.S. Shukla, H.C. Bajaj and R.V. Jasra; **React. Kinet. Catal. Lett.**, 2005, 85, 3.
12. Adsorption of nitrogen, oxygen, and argon in mono, di, and trivalent cation exchanged zeolite mordenite; A.P. Sunil, J. Sebastian and R.V. Jasra; **Ind. Engg. Chem. Res.**, 2005, 44, 6856.
13. A novel effective hydration of carbon monoxide in liquid phase by a water-soluble ruthenium complex catalyst at moderate pressures in aqueous medium; R.S. Shukla, S.D. Bhatt, R.B. Thorat and R.V. Jasra; **Applied Catal. A General.**, 2005, 294, 111.
14. Adsorption of nitrogen, oxygen and argon in cobalt(II) exchanged zeolite X; J. Sebastian, S.A. Peter, R.V. Jasra; **Langmuir.**, 2005, 21, 11220.
15. A monograph entitled, "New approaches to develop recyclable catalyst for the synthesis of chiral epoxides" R.I. Kureshy, N.H. Khan, S.H.R. Abdi and R.V. Jasra. is going to be published in **Catalytic Research on Cutting Edge.**, by Nova Science Publisher Inc. New York (2005).
16. Hydrogenation of benzene over ruthenium exchanged montmorillonite clay in the presence of thiophene; A.B. Boricha, H.M. Mody, H.C. Bajaj and R.V. Jasra; **Applied Clay Science.**, 2006, 31, 120.
17. Characterization of surface acidity of an acid-treated montmorillonite clay activated with hydrothermal, ultrasonic and microwave techniques; B. Tyagi, C.D. Chudasama and R.V. Jasra; **Applied Clay Science.**, 2006, 31, 16.
18. Solvent free isomerisation of longifolene with nano-crystalline sulphated zirconia; B. Tyagi, M.K. Mishra and R.V. Jasra; **Catalysis Commun.**, 2006, 7, 52.
19. Catalytic isomerization of estragole to anethole over hydrotalcites and HT-like compounds; D. Kishore and S. Kannan; **J. Mol. Catal.**, 2006, 244, 83.

20. Photo-catalytic degradation of aqueous nitrobenzene by nano-crystalline TiO<sub>2</sub>; R.J.Tayade, R.G.Kulkarni and R.V.Jasra; **Ind.Engg. Chem. Res.**, 2006, 45, 922.

### Reverse Osmosis

1. Fouling resistant membranes in desalination and water recovery; A.V.R.Reddy, J.J.Trivedi, C.V.Devmurari, D.J.Mohan, P.Singh, A.P.Rao, S.V.Joshi and P.K.Ghosh; **Desalination.**, 2005, 1, 301.
2. Synthesis, characterization and thermal-properties of soluble aromatic poly(amide imide)s; P.R.Buch and A.V.R.Reddy; **Polymer.**, 2005, 15, 5524.
3. Pesticides in water alarm and encountering; J.M.Gohil, P.Ray and A.Bhattacharya; **Science and Culture.**, 2005, 71, 348.
4. Surface tension and fluorescence studies of polymer-surfactant solutions; I Agarose CTAB; K. Prasad, K.Trivedi, A.K.Siddhanta, A.Bhattacharya **Ind J.Chem. Sec A.**, 2005, 44A, 2445.

### Electro Membrane Processes

1. Studies on cellulose acetate-polysulfone ultrafiltration membranes. 1. Effect of polymer composition; M.Sivakumar, D.R.Mohan, R.Rangarajan and Y.Tsujita; **Polymer International.**, 2005, 54, 956.
2. Phosphonic acid functionalized aminopropyl triethoxysilane-pva composite-material - organic-inorganic hybrid proton-exchange membranes in aqueous-media; V.V.Binsu, R.K.Nagarale and V.K.Shahi; **J. Mater. Chem.**, 2005, 15, 4823.
3. Comparative-studies on performance of interpolymer and heterogeneous ion-exchange membranes for water desalination by electro-dialysis; B.G.Shah, V.K.Shahi, S.K.Thampy, R.Rangarajan and P.K.Ghosh; **Desalination.**, 2005, 172, 257.
4. Studies on transport-properties of short-chain aliphatic carboxylic-acids in electro-dialytic separation; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi, G.S.Trivedi, S.K.Thampy and R.Rangarajan; **Desalination.**, 2005, 171, 195.
5. Preparation and electrochemical characterization of sulfonated polysulfone cation-exchange membranes-effects of the solvents on the degree of sulfonation; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **J. Appl. Poly. Science.**, 2005, 96, 2344.
6. Preparation of organic-inorganic composite anion-exchange membranes via aqueous dispersion polymerization and their characterization; R.K.Nagarale, G.S.Gohil, V.K.Shahi, R.Rangarajan; **J. Coll. Inter. Sci.**, 2005, 287, 198.
7. Spectrophotometric estimation of bromide ion in excess chloride media; S.Adimurthy, V.R.K.S.Susarla, M.P.Reddy and G.Ramachandraiah; **Talanta.**, 2005, 67, 891.

8. Micellar-enhanced electrodialysis: influence of surfactants on the transport properties of ion-exchange membranes; G.S.Gohil, R.K.Nagarale, V.K.Shahi and R.Rangarajan; **Separation & Purification Tech.**, 2005, 47, 1.

### Marine Biotechnology & Ecology

1. On the properties of agar-gel containing ionic and nonionic surfactants; K.Prasad, A.K.Siddhanta, A.K.Rakshit, A.Bhattacharya and P.K.Ghosh; **Inter. J. Biological Macromolecules**, 2005, 35, 135.
2. Production and seeding of protoplasts of porphyra-okhaensis (bangiales, rhodophyta) in laboratory culture; S.Dipakkore, C.R.K.Reddy and B.Jha; **J. Appl. Phycology.**, 2005, 17, 331.
3. Purification and characterization of c-phycoyanin from cyanobacterial species of marine and fresh-water habitat; A.Patel, S.Mishra, R.Pawar and P.K.Ghosh; **Protein Expression and Purification.**, 2005, 40, 248.
4. Chemical-composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of kappaphycus-alvarezzi (doty); M.Fayaz, K.K.Namitha, K.N.C.Murthy, M.M.Swamy, R.Sarada, S.Khanam, P.V.Subbarao and G.A.Ravishankar; **J. Agri. & Food Chemistry.**, 2005, 53, 792.
5. Evaluation of the emission characteristics of trace-metals from coal and fuel-oil fired power-plants and their fate during combustion; M.S.Reddy, S.B.Basha, H.V.Joshi and B.Jha; **J. Hazardous Mater.**, 2005, 123, 242.
6. Physical modification of agar-formation of agar-fatty acid complexes; K.Prasad, K.Trivedi, R.Meena and A.K.Siddhanta; **Polymer Journal.**, 2005, 37, 826.
7. Changes in local intertidal seaweed habitats in the Andaman-and-Nicobar islands after 26 December 2004 tsunami; V.A.Mantri; **Current Science.**, 2005, 89, 1071.
8. Rheological properties of an exopolysaccharide produced by a marine enterobacter cloaceae; A.Iyer, K.H.Mody and B.Jha; **National Academy Science Letters.**, 2005, 2, 8119.
9. Surface tension studies of polymer-surfactant solutions: 1. Agar-ctab; K.Prasad, K.Trivedi, A.K.Siddhanta and A.Bhattacharya; **Ind. J. Chem. A.**, 2005, 44A, 2445.
10. Some observations on trichosolen mucronatus (borgesen) taylor [bryopsidaceae], from gujarat: a species of rare occurrence; V.A.Mantri, P.V.Subba Rao, M.C.Thakur, K.Ganeshan & K. Suresh Kumar; **Nat. Acad. Sci. Letters.**, 2005, 28, 341.
11. Diu island: a paradise for tourists and seaweed biologists; V.A.Mantri and P.V.Subba Rao; **Current Science.**, 2005, 89, 1795.
12. Modeling the energy content of combustible ship-scraping waste at Alang Sosiya, India, using multiple regression analysis; M.S.Reddy, S.Basha, H.V.Joshi, V.G.Sravan Kumar, B.Jha and P.K.Ghosh; **Waste Management.**, 2005, 25, 747.

13. X-crystallographic studies on c-phycoerythrin from cyanobacteria from different habitats: marine & freshwater; Satyanarayana, C.G.Suresh, A.Patel, S.Mishra and P.K.Ghosh. **Acta Crystallog. Section F.**, 2005, 61, 844.

### Business Development & Information Management

- World wide idea registration in a global idea bank is a sine qua non to protect present intellectual property ideas for posterity. J. David Livingston, **J. World Intellectual Property.**, 8(4) July 2005.
- Need to inculcate the culture of intellectual property protection in research and development., D. B. Shukla, *Current Sci.* 88 (10) May 2005

### Papers/ Lectures presented in seminars/ symposia

Sr No	Topic	Event / Venue	Date	Presenter/s
1	Narration of current research activity of Inorganic materials & Catalysis discipline	Sangosthi on Hindi Mein Vigyan Lekhan / CSMCRI Bhavnagar	June 24, 2004	Dr.B. Tyagi
2	Clay beneficiation and modification	Workshop on Clay-Polymer Nano-particles / NCL, Pune	May 15, 2004	Dr.R.V.Jasra
3	Catalytic hydroxylation of phenol over Cu Mg Al ternary hydrotalcite.	13 <sup>th</sup> International Congress on Catalysis/ Paris, France	July 11-16 2006	Dr.S.Kannan
4	CSMCRI's thin film composite reverse osmosis membrane and its application in novel device for desalination.	Invited lecture DST - TSG Workshop, IIT Kanpur	July 15, 2004	Dr.P.K.Ghosh
5	Solid acid catalysts for acylation of aromatics	Catalysis in Organic Synthesis: New Horizons International Conference, IICT, Hyderabad	August 3, 2004	Dr. R.V. Jasra
6	Appropriate desalination technologies for different situations in Indian villages.	TWNSO Workshop on Water, Trieste, Italy,	August 24-26, 2004	Dr.P.K.Ghosh
7	Development of Bio-diesel from the oil of the Jatropha curcas plant	International Conference on 'Biofuel perspective and prospects', Winrock International India, New Delhi	September 16, 2004	Dr.A.S.Mehta
8	Membranes and green chemistry. Invited Lecture.	Invited lecture, Workshop on Green chemistry, IICT, Hyderabad,	September 24-25, 2004.	Dr.P.K. Ghosh
9	Chemical investigation and value addition of seaweeds	National Symposium on Algal Biology and Industrial Applications RKM Vivekananda College, Chennai	September 25-26, 2004.	Dr.A.K. Siddhanta
10	Impact of chemistry on life and society: The CSMCRI experience.	Invited lecture National symposium on impact of chemistry on life and society. Tripura University, Tripura,	October 1-3, 2004	Dr.P.K.Ghosh



## Annexure

11	Development of Biodiesel from <i>Jatropha curcas</i> oil.,	One Day Conference on 'Bio-Diesel Fuel' Centre for Bharatiya Marketing Development (CBMD) and The Institution of Engineers (I) (IEI), Ahmedabad,	October 28, 2004.	Dr.P.K. Ghosh
12	Development of bio-diesel based on oil of <i>Jatropha Curcas</i> seeds.	Power India/ Mumbai	October 27, 2004	Dr.A S. Mehta
13	Performance and prospects of crop cultivation activity in saline affected Villages of Bhavnagar District.	One day workshop organized with the state Govt. at UTTHAN, Ahmedabad		Dr.J.B. Pandya
14	Technical presentations on <i>Jatropha</i> Biofuel project; <i>Jatropha</i> /wasteland plantation issues; On Biodiesel making using expelled <i>Jatropha</i> seed oil.	The delegation visited CSMCRI under Daimler Chrysler project.	September 29-30, 2004	Dr.J.B. Pandya, Dr.S.N.Rao and Mr.M.R. Gandhi.
15	Heterogeneous chiral catalysis for epoxidation of alkenes..	Lecture organized in the honour of Dr.S.Shivsankar at NCL, Pune	October 28, 2004.	Dr.R.V. Jasra
16	Agrobacterium mediated gene transfer in <i>Porphyra yezoensis</i> , an edible seaweed.	BioTech 2004” Conference/ New Delhi	October 13-15, 2004	Dr.C.R.K. Reddy
17	An Improved method for rapid mass isolation of protoplasts from multicellular macrophytic marine green algae.	BioTech 2004 Conference New Delhi.	October 13-15, 2004	Dr.C. R.K. Reddy
18	X-ray diffraction - Basics, Techniques and Applications	Refresher Course in Experimental Physics, Indian Academy of Sciences, Bhavnagar	October 31, 2004	Dr.S. Kannan
19	Catalysis for sustainable development.	Nirma Institute of Technology, Ahmedabad,	November 26, 2004.	Dr.R.V. Jasra
20	Chirality in chemical industries with special reference to pharmaceuticals.	Nirma Institute of Technology, Ahmedabad	November 26, 2004	Dr.S.H.R. Abdi
21	CSMCRI's involvement in mitigating the problem of water in Rajasthan.	Invited Lecture Symposium on science and technology for desert development (National Academy of Science, Jaipur,	December 2, 2004.	Dr.P.K.Ghosh
22	CSMCRI's thin film composite reverse osmosis membrane and its application in novel devices for desalination. Invited Lecture	Invited lecture IChE-AICHe conference, Chemcon, Mumbai	December 28, 2004	Dr.P. K.Ghosh
23	Value addition of seaweeds	One day seminar Investment opportunities in Biotechnology, B V Patel PERD Centre, Ahmedabad.	December 29, 2004	Dr.A.K. Siddhanta

24	Catalytic scenario for the production of oxo-products using syn-gas.	Seminar on Emerging Catalytic Technologies, ICh.E, Baroda	December 10-11, 2004	Dr.R.V. Jasra
25	(i) Introduction to Catalysis and (ii) Catalysis for Sustainable Development.	Department of Material Science, Sardar Patel University, Vallabh Vidya Nagar,	December 18, 2004	Dr.R.V.Jasra
26	Development of Ion-exchange membranes at CSMCRI for Electrodialysis and related processes.	AICHE-IChE-Indo-US Joint Conference/ Mumbai	December 21, 2004	Dr.V.K.Shahi,
27	Simple ideas and the joy of inventing.	Invited Lecture, 22 <sup>nd</sup> Indian Paint Conference/ Mumbai	January 16, 2005	Dr.P.K Ghosh
28	Radiation and Photochemistry (NSRP)	National Symposium, Karnataka University, Dharwad,	January 17-19, 2005.	Dr. A. Das
29	Value addition of seaweeds.	One-day seminar on Investment opportunities in Biotechnology, B.V. Patel PERD Centre, Ahmedabad	December 29, 2004.	Dr.A.K. Siddhanta
30	Chemoselective synthesis of multiple epoxy-bridged tetrahydropyranone ring systems.	Poster presentation in Seventh National Symposium in Chemistry, IACS, Kolkata	February 4-6, 2005	Dr. S. Muthusamy
31	Chemoselective synthesis of 3-arylamino- or 3-heteroarylpiperidin-2-ones.	Poster presentation in Seventh National Symposium in Chemistry IACS, Kolkata,	February 4-6, 2005.	Dr. S. Muthusamy
32	Water purification technologies.	National Habitat Centre, New Delhi and Premises of Kanoria Chemical Ind Pvt. Ltd. Kolkata	January 31, 2005 and February 2, 2005	Dr.P.S. Anand
33	Integrated salt production with by product recovery.	Invited Lecture, National Conference on Salt at Nirma University, Ahmedabad.	January 28-29, 2005	Dr.P.K.Ghosh
34	Simple and cost Effective RO desalination technology based on CSMCRI's Indigenous thin film composite membrane.	Invited Lecture at XII General Assembly Scientific Committee on the problems of the environment ( SCOPE) INSA New Delhi	February 9, 2005	Dr.P.K.Ghosh
35	Translating simple ideas in to inventions in emerging area of technology.	Invited Lecture, at XIX Gujarat Science Congress, Vallabh Vidyanagar	February 19, 2005.	Dr.P.K.Ghosh
36	Reference materials of mono elemental dilute solutions in water analyzed by Atomic Absorption Spectrometric methods.	5th International Conference on 'Advances in Metrology, National Physical Laboratory, New Delhi	February 23-25, 2005.	Dr. R.S. Shukla

## Annexure

37	(i) Introduction to catalysis (ii) Catalysis for sustainable (iii) Proactive Nature- an ability to elevate our life.	Department of Chemistry, College of Science, M.L.Sukhadia University, Udaipur,	February 3-4, 2005	Dr.R.V.Jasra
38	(i) Oxidation catalysts for functionalization of hydrocarbons by molecular oxygen., (ii) Metal complexes catalysed activation of gaseous molecules for their value addition: a C1 chemistry approach. (iii) Introduction to catalysis. (iv) Applications of catalysis for chemical, environmental and energy sectors.	Refresher Course for college teachers, Chemistry Department, Gujarat University, Ahmedabad	February 3, 2005	Dr.R.S.Shukla and Dr R.V.Jasra
39	(i) 'Chirality in chemical industries with special reference to pharmaceuticals'. (ii) Chiral metal complex catalyzed enantio-selective epoxidation of non-functionalized alkenes.	Refreshers course, Department of Chemistry, Aligarh Muslim University, Aligarh	February 16-17, 2005	Dr.N.H.Khan
40	Low Molecular Mass Organic Gelators (LMOGs): From Serendipity to Design.	National Seminar on Polymer, Surfactants & Gels. M.S. University, Baroda.	March 11-13, 2005	Dr.P. Dastidar
41	Microwave induced one pot synthesis of carrageenna-g-MMA in presence of potassium persulphate initiating system.	National Seminar on polymer, surfactants and gels. M.S University, Baroda	March 11-13, 2005	Dr.K.Prasad
42	Studies on sugar reactivity of agars extracted from some Indian agarophytes.	National Seminar on polymer, surfactants and gels at M.S University, Baroda	March 11-13, 2005	Mr. R.Meena
43	(i) Recovery of bromine from bittern and effluent of industries. (ii) Production of biodiesel from Jatropha curcus seed oil	Chemical engineering, Department of GCET, Vallabh VidyaNagar	March 4, 2005	Dr.A.S.Mehta
44	Cultivation technology developed by CSMCRI for Kappaphycus alvarezii.	National workshop held at CMFRI, Mandapam.	February 17, 2005	Dr.K. Eswaran
45	A rapid method of modification of agar by grafting with polyvinyl pyrrolidone.	National Seminar on Recent developments in biomedical polymer and its application. Bangalore	May 13-14, 2005	Dr. K.Prasad
46	Update of progress on cultivation of Jatropha curcas and Biodiesel preparation.	Invited lecture, DST Green chemistry workshop, Madurai Kamraj University, Madurai,	July 15, 2005.	Dr.P.K.Ghosh
47	Progress in genetic engineering of seaweeds in, their Chemistry and Utilization.	National symposium on Marine Plants, Tuticorin, Tamilnadu	June 23-25, 2005	Dr. C.R.K.Reddy

48	Selective oxidation of n-butane over Fe-doped vanadium pyrophosphate prepared from lamellar vanadyl benzylphosphate.	5th World Congress in Oxidation Catalysis Sapparo, Japan	September 25-30, 2005	Dr. K. Srinivasan
49	Talk to the Agarias and small scale salt manufacturers regarding the importance of quality and yield of salt.	Invited talk, Maliya	March 6, 2005	Dr.A.M.Bhatt
50	Talks on the Chemistry of salt manufacture and different critical field parameters to be followed for good quality salt production.	Get-together of medium and large scale salt producers of South Gujarat.	March 20, 2005	Dr. V. P. Mohandas
51	Nano-clays as adsorbents and reinforcement for polymer composites.	'Seminar on Nanomaterials and Nanotechnology, The Current Scenario (SNN05) S. P. University, Vallabh Vidhyanagar	March 11-12, 2005	Dr.R.S.Somai
52	Synthesis and characterization of nano-clays from smectite family.	Seminar on Nanomaterials and Nanotechnology - The Current Scenario (SNN05), S..P.University, VallabhVidhyanagar	March 11-12, 2005.	Mr. Hashmukh Patel
53	Surfactant assisted synthesis of nanoporous, nano-crystalline inorganic solids.	National Seminar on Polymers, Surfactants and Gels, held at Department of Chemistry, M.S. University, Baroda	March 11-13, 2005.	Dr. Beena Tyagi
54	Sol-Gel: A Novel Method for the preparation of Organic-Inorganic Hybrid Cation- Exchange Membrane in Aqueous Medium.	International conference on advances in polymer blends, composites, ions and gels. School of Chemical Sciences, Kerala,	March 5, 2005	Dr. R. K. Nagarale
55	Seasonal Distributions and Infectivity Levels of Petroleum Hydrocarbons in Marine Environment at Alang-Sosiya Ship Scraping Yard, Gulf of Cambay, India.	International Oil Spill Conference Miami Beach Florida, USA,	May15-19, 2005.	Dr.G. Ramachandraiah
56	Value addition of seaweeds and commercial opportunities.	IICB, Kolkata	July 18, 2005.	Dr.A.K.Siddhanta
57	Water availability and quality: Desalination membranes at the on Key vulnerabilities in small island developing states.	International training workshop, TERI, New Delhi	August 22, 2005	Dr. G. Ramachandraiah
58	Electro dialysis Plant Design, Operation & Economics.	Mini-symposium on Electrochemistry and membrane applications, CSMCRI Bhavnagar	September 19, 2005.	Dr. S.K.Thampy
59	Progress in tissue culture of economically important seaweeds.	Mini-symposia, Seaweed cultivation and utilization, Asian Pacific Phycological	October 30, to November 4, 2005	Dr. C.R.K. Reddy

## Annexure

60	Science behind desalination and isotope hydrology.	Invited lecture, Symposium on science behind nuclear technology, 16 <sup>th</sup> Annual conference of INS, BARC, Mumbai	November 15-18, 2005	Dr.P.K.Ghosh
61	Preparation of copolymer hydrogel of agar and sodium alginate blend.	Carbo XX Carbohydrate Conference, Lucknow	November 24-26, 2005	Mr.R.Meena
62	Inventing in seemingly mature areas: Recent examples from CSMCRI.	Invited lecture, Seminar on innovations; Life-Line of chemical industry organized by IChE, Ahmedabad	November 25, 2005.	Dr.P.K .Ghosh
63	Biofuels in the transport and auto industry: Case study of Jatropha biodiesel from wasteland in India.	Invited lecture, International conference on alternative fuels and energy choice 2005, (AFEC-2005) at KL Malaysia, Malaysia,	December 7-8, 2005	Dr.P.K.Ghosh
64	Monovalent ion selective polypyrrole composite ion-exchange membranes: characterization by non-equilibrium thermodynamic approach.	National Conference on Thermodynamic of Chemical & Biological Systems, Guru Nanak Dev University, Amritsar, Punjab	December 28-30, 2005	Dr. V.K.Shahi
65	Status and problem areas of marine biotechnology in Gujarat and potent areas for R&D.	Summit for Strategic Development of Marine Biotechnology in Gujarat.(GSBTM) Gandhinagar	January 6, 2006.	Dr.C.R.K. Reddy
66	Value added seaweeds and their industrial applications	National seminar Biology, Biochemistry and Industrial Applications, Bhavnagar University, Bhavnagar	January 17, 2006	Dr.A.K.Siddhanta
67	Tissue culture and value addition aspects of Marine macrophytic algae.	National Seminar on Seaweed Cultivation in the Gulf of Mannar and Palk Bay, Mandapam	February 2005	Dr.C.R.K. Reddy
68	Recent advances and concepts in industrial and edible salts.	Invited lecture, International conference on salt, Nirma University, Ahmedabad	January 20, 2006.	Dr.P.K.Ghosh
69	Innovations in Marketing: The CSMCRI approach.	Invited Lecture, CSIR R & D Management conference, New Delhi,	March 3-4, 2006.	Dr.P. K.Ghosh



## Seminars at CSMCRI

Sr No	Topic	Place of work	Date	Presenter
1	Studies on the Effect of Ship Scrapping Industry Wastes on Marine Phytoplankton at Alang, Gujarat.	CSMCRI, Bhavnagar	May 17, 2004.	Mr. S.K. Mandal
2	New Frontiers in Oceanography – The Algal Biomarkers	School of Chemistry, Andhra University, Visakhapatnam	June 1, 2004	Prof Nittala S. Sharma.
3	Tissue Culture Aspects of Some Desert Economic Plants	Ph.D seminar, Wasteland research discipline, CSMCRI, Bhavnagar	August 16, 2004	Dr. Ravi Prakash
4	Strategic R&D planning through process centric knowledge management.	CEO, INKROMA e-business Solutions Pvt. Ltd, Bangalore	August 31, 2004	Dr. Shankar Prasad
5	Use of patent information for research and business planning.	Head, URDIP, Pune	August 31, 2004	Dr.R.R Hirwani
6	Recent IT services at CSMCRI.	Head, IR Cell CSMCRI Bhavnagar	September 22, 2004.	Dr. S.Kannan
7	Bioleaching of metals.	Head, Department of Microbiology, Gujarat University.	December 28, 2004	Prof. S.R.Dave
8	Quest for New Materials: Chemistry Plays Key Role	IISc, Bangalore	September 26, 2004.	Professor J Gopalakrishnan
9	Hindi Saptaha celebration lecture on Goal setting.	DDIT, Nadiad	September 17, 2004	Prof. Prafulbchandra Shah.
10	Radiation Chemistry Research in BARC: Drugs, antioxidants and metal nanoparticles.	Associate Director, Chemistry Group BARC, Mumbai	October 11, 2004.	Dr. Tulsi Mukherjee
11	Investigation on Physico-chemical Properties of Phycobiliproteins(PB) from Cyanobacterial species of Indian Coast	Ph.D seminar, CSMCRI Bhavnagar	November 19, 2004.	Ms. Anamika Patel
12	Development of Fluorescent Signaling Systems and Molecular Devices	CSIR Young Scientist Award in Chemical Sciences for the year 2004, CSMCRI Bhavnagar	November 1, 2004	Dr. Pradyut Ghosh
13	Synthetic self assembling peptides in biology and material sciences.	Department of Biological Chemistry, Indian Association for the Cultivation of Science, Jadavpur, Kolkata	January 6, 2005.	Dr. Arindam Banerjee
14	Studies on Tandem Reactions of -Diazo Ketones Using Transition Metal catalysts Towards the	Ph.D seminar, CSMCRI Bhavnagar	January 6, 2005	Dr. C. Gunanathan

## Annexure

15	Synthesis, Characterization and Industrially Relevant Organic Transformations Over Solid Base Catalysts	Ph.D seminar, CSMCRI Bhavnagar	February 16, 2005	Dr. Kishore Dasari
16	Protection From Toxic Chromium	Emeritus Medical Scientist (ICMR), Department of Biosciences, Saurashtra University, Rajkot	February 8, 2005.	Prof. P.P. Sood
17	Selection and Classification of Industrial Drying Systems (Case studies of Drying of Inorganic Salts)	Reader in Chemical Engineering, Institute of Chemical Technology Mumbai,	March 10, 2005	Dr. B. N. Thorat
18	Order, disorder and crystallinity in layered hydroxides	Department of Chemistry, Central College, Bangalore University, Bangalore	March 16, 2005.	Prof. P.V ishnu Kamath

## Staff News

### Awards and Recognition 2004-05

Sr. No.	Awards and Recognition	Awardee(s)
1	Technology Price 2004 in "Chemical Technology" for Development of high flux thin film composite reverse osmosis membrane technology and its applications for water desalination and purification.	S/Sri V.J. Shah, Ms. S.V. Hoshi, J.J. Trivedi, C.V. Devmurari, A. Prakash Rao, N. Pathak, P.A. Patel, A.A. Patel, N.K. Waghani, T.B. Gohil, K.J. Anjara, K. Eswaran and P.K. Ghosh
2	CSIR Young scientist award 2004 in Chemical Sciences awarded to scientist of CSMCRI, Bhavnagar.	Pradyut Ghosh

### Awards and Recognition 2005-06

Sr. No.	Awards and Recognition	Awardees
1	Technology Price 2004 in "Chemical Technology" for Development of high flux thin film composite reverse osmosis membrane technology and its applications for water desalination and purification.	S/Sri V.J. Shah, Ms. S.V. Hoshi, J.J. Trivedi, C.V. Devmurari, A. Prakash Rao, N. Pathak, P.A. Patel, A.A. Patel, N.K. Waghani, T.B. Gohil, K.J. Anjara, K. Eswaran and P.K. Ghosh
2	Poster award in 9 <sup>th</sup> National Conference on Bioactive Heterocycles and Drug Discovery Paradigm at Saurashtra University, Rajkot Gujarat during 8-10 January 2005.	R.I.Kureshy, I.Ahmed, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, S.Singh and R.V.Jasra.
3	Hindustan Platinum award for the Best Poster in 17 <sup>th</sup> National Symposium on Catalysis held at CSMCRI Bhavnagar during 18-20 January 2005.	R.I.Kureshy, I.Ahmed, N.H.Khan, S.H.R.Abdi, J.Mayani and R.V.Jasra
4	Vikram Sarabhai Award for the year 2003-04 on "Membrane Technology in solving the environment problem associated with water pollution"	S/Sri V.J. Shah, P.K. Ghosh, Ms. S.V. Hoshi, J.J. Trivedi, C.V. Devmurari, A. Prakash Rao and R.M. Kawa
5	Daimler Chrysler Environment award 2005 on "Bio-diesel from eroded soils of India"	P.K. Ghosh and the team
6	CRSI Bronze Medal for the year 2006 by the Chemical Research Society of India in recognition to the contribution in the synthesis of new molecules.	S,Muthusamy

**Appointment, Promotion, Retirement, Transfer, Resignation**  
**Appointment**

Sr. No.	Name	Designation	Date of Appointment
1	Mr. Indrajit Mukhopadhyay	Scientist-C Group-IV(2)	02.07.2004
2	Dr. Puyam Sing	Scientist-C Group-IV(2)	02.07.2004
3	Mr. Nilesh K. Vaghela	Scientist-B Group-IV(1)	17.08.2004
4	Mrs. Hansaben D. Rathod	Wash Person	22.06.2004
5	Dr. Doongar Ram Chaudhary	Scientist-B Group-IV(1)	04.10.2004
6	Ms. Nivedita Sahu	Scientist-B Group-IV(1)	13.10.2004
7	Dr. Pradeep K. Agrawal	Scientist-C Group-IV(2)	29.11.2004
8	Mr. Vinod kumar Agrawal	JTA Group-III(1)	24.11.2004
9	Mr. Jignesh J. Shukla	JTA Group-III(1)	01.12.2004
10	Mr. Jayeshkumar K.Mokani	Jr. Engg. (Civil) Group-III(1)	06.12.2004
11	Mr. Sumesh C. Upadhyay	Scientist-B Group-IV(1)	02.12.2004
12	Mr. Arup Ghosh	Scientist-B Group-IV(1)	09.12.2004
13	Mr. Sandip K. Mukhopadhyay	Scientist-B Group-IV(1)	09.12.2004
14	Dr. Avinash Mishra	Scientist-B Group-IV(1)	15.12.2004
15	Mr. Harshad R. Brahmabhatt	JTA Group-III(1)	21.12.2004
16	Mr. K. G. Vijayanand	JTA Group-III(1)	23.12.2004
17	Mr. Jaiswar Santlal	JTA Group-III(1)	12.01.2005
18	Ms. Alpa L. Pathak	Assistant Gr-III(G)	19.01.2005
19	Mr. Ravi H. Patel	Assistant Gr-III(F&A)	20.01.2005
20	Mr. Avinash Kumar	S.O. (F&A)	08.02.2005
21	Mr. Arun Kumar Das	Scientist-B Group-IV(1)	15.02.2005
22	Mr. Dayakant Kumar	S.O. (F&A)	14.02.2005
23	Mr. Dhananjay Kumar	Assistant Gr.I (F&A)	23.03.2005
24	Mr. De vendra Pincha	Assistant Gr.I (S&P)	21.03.2005
25	Mr. Gopalsamy Gnansekaran	JTA Group-III(1)	18.05.2005
26	Mr. Shrikant Sharma	Assistant (G) Gr.I	16.06.2005
27	Mr. Raval Hiren D.	Scientist –B Group-IV(1)	16.06.2005
28	Mr. Kumar Rahul	Section Officer (Gen)	27.10.2005
29	Mr. Vaghela Piyush B.	Group-II(1) Electrician	12.01.2006
30	Mr. Modi Brindesh B.	Group-II(1) Ref & A/C. Mech	16.01.2006
31	Mr. Zala Krushnadevsinh S.	Group-II(1) Boiler Operator-cum-Machinist	16.01.2006
32	Mr. Dhiren J. Patel	Group-II(1) Draughtsman Mechanic	31.01.2006
33	Mr. Sanghani Mahesh L.	Group-II(1) Instrumentation Mechanic	31.01.2006
34	Mr. Pramod N. Makwana	Group-II(1) IT Assistant	02.02.2006
35	Mr. Chauhan Ketan A.	Group-II(1) IT Assistant	07.02.2006
36	Mr. Vakani Viral L .	Group-II(1) Lab Technician	03.02.2006
37	Ms. Makwa Afsanabanu	Group-II(1) Field Assistant	06.02.2006
38	Mr. Patil Rahul S.	Group-II(1) Machinist	13.02.2006
39	Mr. Satyaveer Gothval	Group-II(1) Lab Technician	01.03.2006
40	Mr. Nitin Ganesh Borle	Group-II(1) Machinist	02.03.2006
41	Mr. Brahma Prasad Meena	Group-II(1) Field Assistant	03.03.2006

## Annexure

### Promotions (Assessment / DPC etc.)

Sr. No.	Name	Promoted to	With effect from
1	Dr. G. Ramachandriah	Scientist F Group IV(5)	23.12.2003
2	Dr.(Mrs) K. H. Mody	Scientist F Group IV(5)	01.02.2004
3	Dr. S. T. Rajan	Scientist F Group IV(5)	06.06.2002
4	Dr. H. C. Bajaj	Scientist F Group-IV(5)	09.12.2002
5	Dr. J. J. Trivedi	Scientist E.II Group-IV(4)	01.02.2003
6	Dr. A. K. Siddhanta	Scientist E.II Group-IV(4)	14.07.2002
7	Dr. S. N. Rao	Scientist E.II Group-IV(4)	01.02.2003
8	Dr. Amitava Das	Scientist E.II Group-IV(4)	01.09.2002
9	Dr. N. H. Khan	Scientist E.I Group-IV(3)	16.09.2002
10	Shri P.M. Solanki	Scientist E.I Group IV(3)	18.06.2003
11	Dr.P.Dastidar	Scientist E.I Group IV(3)	11.08.2002
12	Dr.V. K. Shahi	Scientist E.I Group IV(3)	07.01.2004
13	Shri J. R. Chunawala	Scientist E.I Group IV(3)	27.12.2003
14	Dr. A.U. Hamidani	Scientist E.I Group IV(3)	03.02.2004
15	Dr. K. Eswaran	Scientist E.I Group IV(3)	16.02.2004
16	Dr. Amit Bhattacharya	Scientist C Group IV(2)	30.11.2003
17	Shri Pardeep Kumar	Scientist C Group IV(2)	04.10.2003
18	Shri Chandrakanth C.K.	Scientist C Group IV(2)	01.10.2003
19	Shri Kamlesh Prasad	Scientist C Group IV(2)	30.10.2003
20	Shri S. Adimurthy	Scientist C Group IV(2)	03.10.2003
21	Dr.J.G. Bhatt	Scientist C Group IV(2)	29.10.2003
22	Dr. M. Ganesan	Scientist C Group IV(2)	11.08.2003
23	Dr. B. D. Shethia	T.O. E.I Group III(6)	01.02.2003
24	Shri S. A. Chauhan	T.O. C Group III(5)	25.10.2003
25	Mrs. B. G. Shah	T.O. C Group III(5)	01.02.2003
26	Shri A. A. Patel	T.O. C Group III(5)	01.02.2003
27	Shri M. L. Bhatt	T.O. B Group III(4)	17.06.2003
28	Dr.(Mrs.) A. K. Bhatt	T.O. B Group III(4)	26.03.2003
29	Dr.(Mrs) P. A. Bhatt	T.O. B Group III(4)	21.04.2002
30	Dr.(Mrs) M. R. Rathod	T.O. B Group III(4)	16.02.2003
31	Shri B. S. Makwana	T.O. B Group III(4)	12.08.2002
32	Dr. Suresh E.	T.O. B Group III(4)	26.05.2002
33	Shri S. N. Patel	T.O. A Group III(3)	16.01.2003
34	Shri L. M. Kachadia	T.O. A Group III(3)	21.01.2003
35	Shri R. J. Sanghavi	T.O. A Group III(3)	19.06.2002
36	Shri M. V. Gopal	Engineer (Civil) Group VA(4)	30.04.2001
37	Shri V. K. Bhatt	Technician Group II(4)	01.01.2003
38	Shri K. R. Patel	Technician Group II(4)	01.01.2003
39	Shri S. M. N. Jainulabdeen	Technician Group II(4)	01.01.2003
40	Shri J. N. Parmar	Technician Group II(4)	26.08.2002
41	Shri A. S. S. Ahmed	Technician Group II(4)	07.11.2003
42	Shri S. H. Kalsariya	Technician Group II(4)	27.02.2004
43	Shri V. C. Zala	Technician Group II(4)	01.06.2003
44	Shri M. D. Vala	Technician Group II(4)	29.09.2003
45	Shri M. J. Baraiya	Technician Group II(4)	01.06.2004

46	Shri B. R. Mehta	Technician Group II(4)	22.09.2004
47	Shri B. P. Rathod	Technician Group II(4)	01.10.2004
48	Shri D. R. Parmar	Technician Group II(4)	20.11.2004
49	Shri G. G. Kalena	Technician Group II(4)	04.10.2004
50	Shri P. M. Parekh	Technician Group II(3)	01.01.2003
51	Shri B. A. Sharma	Technician Group II(3)	01.01.2003
52	Shri S. D. Gohil	Technician Group II(3)	01.01.2003
53	Shri A. H. Lakhani	Technician Group II(3)	01.01.2003
54	Shri B. A. Bhatti	Technician Group II(3)	01.01.2003
55	Shri P. Adhikari	Technician Group II(3)	01.01.2003
56	Shri N. J. Jani	Technician Group II(3)	01.01.2003
57	Shri S. Digal	Technician Group II(3)	01.01.2003
58	Shri B. M. Parmar	Technician Group II(3)	17.08.2003
59	Shri M. M. Kapure	Technician Group II(3)	21.08.2003
60	Shri H. B. Nathani	Technician Group II(3)	04.10.2003
61	Shri N.G. Bhambhi	Technician Group II(3)	21.08.2004
62	Shri M. R. Gajjar	Technician Group II(3)	01.02.2005
63	Shri A. A. Pattani	Technician Group II(3)	08.11.2004
64	Shri R. J. Jani	Technician Group II(3)	31.07.2004
65	Shri R. G. Khetsi	Technician Group I(4)	01.05.2002
66	Shri J. L. Chuahan	Technician Group I(3)	19.07.2002
67	Mrs. A. A. Habibani	Technician Group I(3)	05.10.2002
68	Shri J. B. Kanada	Technician Group I(3)	05.10.2002
69	Shri G. M. Thakkar	Technician Group I(3)	24.01.2003
70	Shri A. J. Vaghela	Technician Group I(3)	17.08.2003
71	Mrs. S. Malika	Technician Group I(2)	26.10.2002

### Transfer to CSMCRI

Sr. No.	Name	Designation	Transferred to	Date
1	Shri Baljeet Singh	F & A.O.	CSIR, New Delhi	19.04.2004
2	Shri L. S. Waghela	Group I(3)	NML, Jamshedpur	12.09.2005
3	Shri V. Harikrishnan	S.O. (F & A)	CGCRI, Naroda Centre	05.12.2005

### Transfer from CSMCRI

Sr. No.	Name	Designation	Transferred From	Date
1	Shri Ram Swaroop	F & A.O.	CSIO, Chandigadh	23.04.2004
2	Shri Alok Sharma	S.O.	CBRI, Roorkee	11.06.2004
3	Shri A. K. Pandey	Asstt.(G) Gr.I	NML, Jamshedpur	08.04.2005
4	Shri Rajkumar	S.O. (F & A)	CDRI, Lucknow	10.04.2005
5	Shri Sanjeev Sadanandan	Asstt.(G) Gr.III	NAL, Bangalore	30.06.2005
6	Shri Krishan Singh	Security Officer	IGIB, Delhi	17.11.2005
7	Shri Dayakant Kumar	S.O. (F & A)	CMERI, Durgapur	23.11.2005



## Retirement

Sr. No.	Name	Designation	Date of retirement
1	Shri B. M. Boricha	Assistant (G)	30.04.2004
2	Shri C. C. Maniyar**	Tech. Gr.II	01.06.2004
3	Shri M. Nandagopal	Tech Gr. II	31.07.2004
4	Dr H. V. Joshi	Scientist Gr.IV (5)	31.07.2004
5	Shri S. N. Ghosh	Scientist Gr. IV (5)	31.08.2004
6	Shri V. K. Bhatt	Tech Gr. II	31.08.2004
7	Shri H. M. Dhamal*	Tech. Gr.II	30.07.2004
8	Shri B. D. Bhatt *	Scientist Gr.IV(5)	10.08.2004
9	Shri N. J. Dave	T.O.Gr. III (4)	30.09.2004
10	Shri ( Miss) C. R. Pandya	Tech Gr. II	30.09.2004
11	Shri L. J. Sharma**	Tech. Officer Gr.III(3)	17.11.2004
12	Shri R. R. Naiya	Assistant (G)	31.10.2004
13	Shri K. J. Rawal	Jr. Security Guard	31.10.2004
14	Shri R. D. Rathod	T.O.Gr. III (3)	31.10.2004
15	Shri S. M. N. Jainulabdeen	Tech Gr. II	31.12.2004
16	Shri T. N. Gupta	T.O.Gr. III (6)	31.01.2005
17	Shri B. B. Gohil	Head, Armed Guard	31.01.2005
18	Shri K. Vijayraghavan	Sr. Stenographer	06.05.2005
19	Shri S. B. Parmar	Safaiwala	31.01.2005
20	Shri K. C. George	Tech. Gr. II	30.06.2005
21	Shri A. H. Boricha	Assistant (G)	30.06.2005
22	Shri D. L. Trivedi	Tech. Officer Gr.I(4)	31.07.2005
23	Shri K. J. Anjara	Tech Gr. II	30.09.2005
24	Dr J. B. Pandya	Scientist Gr.IV (5)	30.11.2005
25	Shri K. B. Parmar	Tech Gr. I	31.12.2005
26	Shri Dhiraj Chhagan	Safaiwala	31.12.2005
27	Shri V. B. Boricha *	Tech. Officer Gr.I(4)	31.12.2005
28	Shri M. G. Parmar	Jr. Security Guard	31.01.2006
29	Shri S. L. Purohit*	Tech. Officer Gr. II(3)	01.03.2006
30	Shri U. R. Patel*	Tech. Officer Gr.II(3)	23.03.2006

## Obituary

The Director and staff of CSMCRI deeply mourn the sudden and sad demise of their colleagues.

**Mrs C.L.Pathak, (7<sup>th</sup> April, 2004), Shri B.C.Chauhan (16<sup>th</sup> November 2004),  
Dr.R.Rangarajan (13<sup>th</sup> April 2005) and Shri P.N.Gohil (20<sup>th</sup> October 2005)**

## Research Council

<b>Prof. V. Krishnan,</b> Hindustan Lever Research Professor & Head, Chemical Biology Unit, Jawaharlal Nehru Centre for Advance Scientific Research, Jakur Campus P O, Bangalore 560 064	Chairman
<b>Prof. G. Subramanian,</b> Ex-Director, National Facility for Marine Cyanobacteria, Bharatidasan University, E-204, Vasanth Vihar Apartments, Cross West Extension, Thillai Nagar, Tiruchirapalli 620 018	Member
<b>Dr. Devang Vipin Khakhar,</b> Professor & Head, Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology, Mumbai, Powai, Mumbai 400 076	Member
<b>Prof. K.C. Upadhyay</b> School of Life Scinces, Jawaharlal Nehru University, New Delhi 110 067	Member
<b>Dr. Sumit Bhaduri,</b> Head, Research & Development, Reliance Industries Ltd., Swastik Mill Compound, Corporate Park, V.N. Purav Marg, Chembur, Mumbai – 400 071	Member
<b>Shri V.M. Naik,</b> Deputy Head of Laboratory, Unilever Research India, Hindustan Lever Research Centre, No. 64, Main Road, Whitefield, Bangalore 560 066	Member
<b>Prof. M Ravindran,</b> “Vigna Raja”, 17C Pondicherry Road, Kottur, Chennai 600 0085	Member (Agency Represent-ative)
<b>Dr. S Sivaram,</b> Director, National Chemical Laboraory, Pune 411 008	Member
<b>Dr. Pushpito K Ghosh,</b> Director, Central Salt & Marine Chemicals, Research Institute, G. B. Marg, Bhavnagar 364 002	Member
<b>Dr. P S Ahuja,</b> Director, Institute of Himalayan Bioresource Technology, Post Box No. 6, Palampur 176 001	DG’s nominee
<b>Dr. A S Mehta</b> Secretary, Scientist, Central Salt & Marine Chemicals, Research Institute, G. B. Marg, Bhavnagar 364 002	Secretary

## Management Council

<b>Dr. P.K. Ghosh,</b> Director, CSMCRI, Bhavnagar	Chairman
<b>Dr. M.D. Zingde,</b> Scientist G, NIO Regional Centre, Mumbai	Member
<b>Mr. M.R. Gandhi,</b> Scientist-F, CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Dr. D.B. Shukla,</b> Scientist-E.II, CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Dr. Parimal Paul,</b> Scientist-E.II, CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Dr. (Mrs.) R.I. Kureshy</b> Scientist-E.I, CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Dr. Puyam Singh</b> Scientist-C, CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Mr. B.L. Raval</b> Asstt.Exec. Engineer., CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Mr. Baljeet Singh</b> F & A.O., CSMCRI, Bhavnagar	Member
<b>Mr. Y. Ramakrishna</b> Controller of Administration, CSMCRI, Bhavnagar	Member-Secretary

## Resources

Category		Persons on roll as on	
		31.3.2005	31.3.2006
Scientific	Group IV	93	91
Technical	Group III	41	41
	Group II	64	72
	Group I	22	20
	Group V	03	03
	<b>Total (Technical)</b>	<b>223</b>	<b>227</b>
Non-technical	Group A	03	03
	Group B	36	33
	Group C	17	19
	Group D	17	11
	<b>Total (Non-technical)</b>	<b>73</b>	<b>66</b>
	<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>293</b>
<b>EMR and Project related temporary personnel</b>			
	Scientist Fellow (Quick hire)	00	00
	Research Associate (RA)/Sr. RA	00	03
	Senior Research Fellows (SRF)	19	13
	Junior Research Fellow (JRF)	09	26
	Project Assistants	67	57
	Others (project related)	38	43
	<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>142</b>

## Budget (from CSIR)

Budget Heads	2004-05	2005-06
Equipment – P15, P5 (3) etc.	106.000	400.865
Infrastructure/facilities – P5(1) & P5(2)	58.000	16.801
Library books – P5(4)	81.139	95.032
Chemicals & Consumables – (P7)	188.307	146.375
Manpower related expenditure – (P1, P2 & P3)	608.103	640.718
Residual – (P4, P6 etc.)	215.864	239.300
Network Project	305.027	158.710
<b>Total</b>	<b>1562.440</b>	<b>1697.801</b>



First solar power operated community scale reverse osmosis desalination plant installed in the country