

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN DE FORMACIÓN BÁSICA
COORDINACIÓN DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

1. Unidad Académica: Facultad de Ingeniería, Mexicali
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada
Centro de Ingeniería y Tecnología CITEC, Valle de las Palmas
2. Programa (s) de estudio: Nivel: (Técnico, Licenciatura) Bioingeniería :Licenciatura
3. Vigencia del plan: 2009-2
4. Nombre de la Unidad de aprendizaje: Biomateriales
5. Clave: 11796
6. HC: 2 HL 2 HT HPC HCL HE 2 CR 6
7. Etapa de formación a la que pertenece: Disciplinaria
8. Carácter de la Unidad de aprendizaje: Obligatoria X Optativa
9. Requisitos para cursar la unidad de aprendizaje:

Formuló

Dra. Graciela Guerra Rivas, FIAD-Ensenada

Dra. Claudia M. Gómez Gutiérrez, FIAD-Ensenada

Dra. Aseneth Herrera Martínez, FI- Mexicali

Dra. Ana Leticia Iglesias, CITEC-Valle de las Palmas

Dr. Luis Jesús Villarreal Gómez, CITEC-Valle de las Palmas

Fecha: Junio de 2014

Vo. Bo. Dr. Daniel Hernández Balbuena

Cargo: Subdirector -Facultad de Ingeniería, Mexicali

Vo. Bo. M.I. Joel Melchor Ojeda Ruiz

Cargo: Subdirector -Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada

Vo. Bo. M.C. Patricia Avitia Carlos

Cargo: Subjefa del Centro de Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas

CENTRO DE
INGENIERIA
Y TECNOLOGIA

II. PROPÓSITO GENERAL DEL CURSO

El curso de Biomateriales está ubicado en el quinto semestre de la carrera, teniendo como requisito el curso de Bioquímica, el cual está en el cuarto semestre y que a su vez, tiene como requisitos las materias de Química Orgánica, Biología Celular y Fisicoquímica. Integradas, estas materias proporcionan las bases necesarias para el desarrollo exitoso del estudiante en el curso de Biomateriales, el cual es un curso integrador que a su vez, dará las bases para el desarrollo profesional del Bioingeniero en:

- a) su apoyo al médico para la recuperación de la salud de pacientes,
- b) la investigación para obtener biomateriales innovadores y
- c) la producción a escala de biomateriales para la construcción de dispositivos médicos.

El estudiante debe poseer conocimientos provenientes de dos vertientes principales. En el área químico-molecular: propiedades básicas de la estructura molecular, caracterización de compuestos, estrategias en procesos de síntesis química, cinética química y bioquímica, estructura y función de proteínas, carbohidratos y biomoléculas en general, además de conocimiento de las rutas metabólicas centrales. En el área biológica: la anatomía y fisiología del cuerpo humano, así como la estructura, organización y función celular. Ambas vertientes, enlazadas en el presente curso, permitirán al estudiante integrar las características intrínsecas del biomaterial y su biocompatibilidad en los tejidos vivos.

En el contexto señalado, el curso de Biomateriales tiene el propósito de fomentar en el estudiante:

- ♦ Una visión molecular de los biomateriales, que permita la comprensión de los fenómenos que ocurren en la superficie y en el interior de los dispositivos médicos cuando son implantados en un paciente.
- ♦ La aplicación del análisis crítico a los procesos de producción de biomateriales, enfocándose en sus propiedades físico-químicas y las posibles interacciones entre los biomateriales y los tejidos implantados.
- ♦ El interés por el diseño y la creación de nuevos biomateriales para que sea capaz de proponer procesos en los que aplique los fundamentos, técnicas y métodos aprendidos en el curso

Es recomendable que el alumno haya cursado la Unidad de aprendizaje de Bioquímica.

III. COMPETENCIA (S) DEL CURSO

- Integrar las propiedades químicas de los materiales y sus aplicaciones clínicas mediante la identificación de las propiedades de biomateriales para proponer su aplicación adecuada en la manufactura de dispositivos biomédicos, con creatividad, innovación y una actitud respetuosa y sensible hacia los pacientes

IV. EVIDENCIA (S) DE DESEMPEÑO

- Resultados de Exámenes parciales
- Resultados de Exámenes rápidos
- Desempeño en ejercicios, dinámicas, talleres, tareas para llevar a casa
- Actitudes
- Reportes de laboratorio
- Proactividad en el laboratorio
- Proyectos de uso de biomateriales en dispositivos aplicables en la reparación de heridas y fracturas, la coagulación de la sangre, transplantes y órganos y tejidos artificiales.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Explicar el desarrollo de un biomaterial desde su concepción como material hasta su aplicación, mediante la descripción de las etapas por las que atraviesa hasta convertirse en un biodispositivo, para que comprenda las bases teóricas necesarias en este proceso, con una actitud analítica y con disposición a aprender de la historia y desarrollo de los biomateriales pioneros en esta disciplina.

Contenido

UNIDAD I: INTRODUCCION

Duración 8 h

- I.1. Desarrollo histórico de los biomateriales.
- I.2. Órganos artificiales y dispositivos médicos.
- I.3. La transformación de un biomaterial: investigación básica, desarrollo ingenieril, pruebas pre-clínicas y clínicas.
- I.4. Marco regulatorio para la producción de dispositivos médicos y biomateriales.

Práctica 1: Introducción a los dispositivos biomédicos.

EJERCICIO 1: Mis capacidades actuales.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Evaluar propiedades mecánicas, estructurales y superficiales de los biomateriales mediante la aplicación de fundamentos físicos y químicos con el fin de establecer las bases para la interpretación y predicción del comportamiento de los mismos al contacto con biomoléculas, así como fluidos y tejidos biológicos, con un enfoque molecular y una actitud analítica.

Contenido

Duración 18 h

UNIDAD II: PROPIEDADES DE BIOMATERIALES

II.1. Estructura y propiedades mecánicas de los sólidos

II.1.1. Estructura: Niveles estructurales ☐

II.1.2. Estructura de sólidos cristalinos y no cristalinos. Imperfecciones ☐

II.1.3. Mecanismos de endurecimiento ☐

II.1.4. Propiedades mecánicas: tracción, flexión, compresión, impacto, fatiga, viscoelasticidad ☐

II.1.5. Propiedades físicas: eléctricas, magnéticas, ópticas ☐

II.1.6. Propiedades tribológicas: fricción, lubricación, desgaste.

EJERCICIO 2: Propiedades mecánicas de los sólidos: problemas numéricos.

PRIMER EXAMEN PARCIAL

II.2. Propiedades de superficie de los materiales sólidos.

II.2.1. Física de la superficie de los biomateriales

II.2.2. Química de las superficies de los biomateriales

II.2.3. Recubrimientos

Práctica 2: Propiedades de biomateriales I

Práctica 3: Propiedades de biomateriales II

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Identificar las clases de biomateriales mediante el reconocimiento de sus características para establecer sus posibles usos en medicina, con una visión innovadora para la creación de nuevos biomateriales y una actitud solidaria hacia las necesidades de los pacientes.

Contenido

Duración 10 h

UNIDAD III: CLASES DE BIOMATERIALES USADOS EN MEDICINA.

III.1. Metales

III.2. Cerámicas, vidrios y vitrocerámicos

III.3. Polímeros

III.4. Materiales biológicos

EJERCICIO 3: Análisis de publicaciones: nuevos biomateriales y casos de estudio

EJERCICIO 4: Uso de modelos: construcción de un modelo de polímero.

SEGUNDO EXAMEN PARCIAL

Práctica 4: Síntesis y caracterización de una cerámica.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Estimar la respuesta del huésped a los biomateriales mediante la aplicación de fundamentos bioquímico-fisiológicos y herramientas de monitoreo para valorar la importancia de las interacciones huésped-implante, con interés en el posible efecto sobre pacientes implantados.

Contenido

Duración 14 h

UNIDAD IV: RESPUESTA BIOLÓGICA

IV.1. La respuesta del huésped a los biomateriales y su evaluación

IV.1.1. Respuesta a cuerpos extraños: inflamación y curación de heridas.

IV.1.2. Adsorción de proteínas

IV.1.3. Coagulación de la sangre

IV.2. Concepto de biocompatibilidad y su evaluación: pruebas biológicas para el estudio de la biocompatibilidad

IV.2.1. Pruebas *in vitro*

IV.2.2. Pruebas *in vivo*

IV.2.3. Hemocompatibilidad

SEGUNDO EXAMEN PARCIAL

EJERCICIO 5: Análisis de publicación y cálculos: isothermas de Langmuir y Freundlich.

EJERCICIO 6: Investigación bibliográfica: pruebas biológicas.

Práctica 5: Preparación de microesferas de alginato.

Práctica 6: Evaluación de la hemocompatibilidad de un material.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Valorar el desgaste de los biomateriales usados en medicina aplicando su conocimiento sobre la degradabilidad debida tanto a la interacción con el medio bioquímico-fisiológico como a sus propiedades químicas, con el fin de hacer predicciones sobre la durabilidad de dispositivos médicos en actitud de apoyo al bienestar de los pacientes usuarios.

Contenido

Duración 8 h

UNIDAD V: Degradación de biomateriales en el ambiente biológico.

V.1. Fundamentos de la corrosión de metales

V.2. Degradación de materiales cerámicos

V.3. Deterioro de polímeros

Práctica 7: Deterioro de polímeros usados en medicina. Modelo de degradación de un biomaterial. Parte 1: Aislamiento de seda.

Práctica 8: Deterioro de polímeros usados en medicina. Modelo de degradación de un material. Parte 2: Degradación enzimática de la seda.

TERCER EXAMEN PARCIAL

V. DESARROLLO POR UNIDADES

Competencia

Explorar las fuentes de información pertinentes utilizando las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar su conocimiento sobre la aplicación de biomateriales en la regeneración funcional de tejidos y órganos, de manera constante y con deseos de actualizarse en el campo de la Ingeniería de Tejidos.

Contenido

Duración 6 h

UNIDAD VI: APLICACIÓN DE BIOMATERIALES EN INGENIERIA DE TEJIDOS

VI.1. Desarrollo histórico de la Ingeniería de Tejidos.

VI.2. Paradigmas en la Ingeniería de Tejidos.

VI.3. Modelos, aplicaciones y retos.

EJERCICIO 7: Investigación bibliográfica y ensayo: Regeneración de tejidos.

===== CUARTO EXAMEN PARCIAL

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS

No. de Práctica	Competencia(s)	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1 Introducción a los dispositivos médicos	1. Categorizar los tipos de dispositivos médicos usando las normas nacionales e internacionales para ubicarlos dentro del marco regulatorio, con actitud de respeto hacia la normatividad. 2. Explorar bases de datos mediante el uso de nuevas tecnologías de la información y comunicación para actualizarse en los dispositivos médicos recientemente aprobados internacionalmente, con una actitud inquisitiva sobre los biomateriales usados en forma innovadora.	Introduce al estudiante a los dispositivos biomédicos y la forma en que se clasifican por entidades regulatorias. Los alumnos consultarán la normatividad nacional (PROY-NOM-241-SSA1-2011) y la normatividad internacional (Center for Devices and Radiologic Health, CDRH), para analizar la información relativa a los dispositivos médicos recientemente aprobados para su comercialización: uso, naturaleza, tipos de pacientes usuarios, biomaterial, pruebas requeridas para su aprobación.	PROY-NOM-241-SSA1-2011 Internet: Base de datos de la Food and Drug Administration Bases de datos de la biblioteca.	2 h
2 Propiedades de biomateriales I	Medir las propiedades ópticas de varios biomateriales usando espectroscopía de IR y espectroscopía de UV para obtener información sobre la naturaleza química del biomaterial, con actitud crítica e interés en las relaciones estructura-función.	Los alumnos recibirán piezas de varios biomateriales, para los cuales obtendrán un espectro IR y un espectro UV. En su reporte discutirán las relaciones estructura-actividad óptica y cristalinidad.	Espectrofotómetro IR. Espectrofotómetro UV. Base de datos de la Biblioteca	4 h
3 Propiedades de biomateriales II	Manejar equipo y aplicar fundamentos teóricos para estimar densidad, ángulos de contacto, contracción de volumen, hinchazón por absorción de solventes, cristalinidad y contracción reversible de un polímero sintético con una actitud objetiva y analítica.	Los alumnos prepararán películas de PVA y evaluarán propiedades del biomaterial para establecer características que denotan la naturaleza del biomaterial.	Microscopio de fuerza atómica, columna de densidad, espectrofotómetro IR. Base de datos de la biblioteca	4 h.
4 Síntesis y caracterización de una cerámica	Sintetizar nanopartículas de hidroxiapatita por coprecipitación de cloruro de calcio y ácido fosfórico y evaluar algunas de sus propiedades para adquirir destreza en el reconocimiento de las características de un biomaterial usado en medicina, con objetividad e interés por los posibles usos del producto.	Dentro del tema de clases de biomateriales usados en medicina, la hidroxiapatita ocupa un lugar preponderante. El alumno realizará una síntesis de esta cerámica aplicando conocimientos de química tanto para la obtención del biomaterial como para su caracterización por espectroscopía de IR. Como alternativa si se carece del equipo, se analizará el producto para conocer su relación Ca/P	Autoclave, sonicador, mufla, prensa manual, espectrofotómetro IR. Base de datos de la biblioteca	4 h

No. de Práctica	Competencia(s)	Descripción	Material de Apoyo	Duración
5 Preparación de microesferas	Investigar las condiciones óptimas de reacción aplicando fundamentos de química orgánica, fisicoquímica y bioquímica para obtener microesferas de un biopolímero útiles en la inmovilización de células y enzimas, así como en la entrega de medicamentos, mostrando interés en resolver problemas actuales de la medicina.	Los alumnos prepararán microesferas de alginato usando el producto aislado en la sesión anterior y un polímero comercial como referencia. Realizarán la producción de microesferas variando condiciones de concentración, pH y temperatura para obtener cápsulas estables, firmes y eficientes en la retención de un producto que será colocado en su interior.	Vidriería, plancha de agitación, espectrofotómetro, magneto, soporte universal, bureta. Bases de datos de la biblioteca. Internet.	4 h
6 Evaluación de la hemocompatibilidad de un material	Cuantificar <i>in vitro</i> la hemólisis causada por un biomaterial para evaluar su posible efecto sobre la sangre de pacientes, con interés de colaborar en la recuperación de la salud de usuarios potenciales de este tipo de dispositivo médico.	Las microesferas de alginato producidas en sesiones anteriores serán usadas por los alumnos para someterlas a pruebas de hemólisis.	Vidriería, sangre, espectrofotómetro VIS. Bases de datos de la biblioteca. Internet	4 h
7 Modelo de degradación de un biomaterial Parte 1	Obtener un biomaterial de su fuente natural aplicando métodos de aislamiento de proteínas para obtener un biomaterial adecuado, hidrolizable por enzimas, asumiendo la responsabilidad de obtener un producto libre de impurezas y útil en el estudio que se le aplicará posteriormente.	El alumno aislará fibroína de una fuente natural, eliminando impurezas y verificando la naturaleza proteica del material obtenido.	Planchas de calentamiento con agitación, horno, agitadores magnéticos, vidriería, espectrofotómetro VIS	4 h
8 Modelo de degradación de un biomaterial Parte 2	Constuir un modelo de la degradación de un biomaterial en el ambiente biológico aplicando principios de bioquímica para establecer la cinética de la acción de enzimas sobre un biomaterial, trabajando con el interés de obtener un modelo reproducible, preciso y exacto.	Los alumnos realizarán una hidrólisis enzimática usando soluciones de proteasas que le serán entregadas. Los datos obtenidos serán usados para modelar la cinética de la degradación del biomaterial en su ambiente biológico.	Planchas de calentamiento con agitación, horno, agitadores magnéticos, vidriería, espectrofotómetro VIS	6 h

ESTRUCTURA DE LOS EJERCICIOS

No. de Ejercicio	Competencia(s)	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1 Mis capacidades actuales.	Evaluar las propias habilidades, capacidades y conocimientos mediante la reflexión individual y la discusión en grupo para obtener un perfil personal, con honestidad e interés por incrementar el propio conocimiento de sí mismos, que permita el autorreforzamiento para un desarrollo exitoso dentro del curso.	El curso de biomateriales es un curso integrador, por lo que los alumnos deben hacer una revisión de conocimientos adquiridos previamente. La función de este ejercicio es la de promover en los alumnos una reflexión personal sobre sus capacidades y habilidades actuales. Dentro de la misma sesión, realizarán una discusión en grupos para analizar sus conocimientos actuales. Para guiar tanto la reflexión como la discusión, se les entregará un cuestionario. Esto permitirá confrontar sus fortalezas y debilidades en conocimientos y actitudes. Al final de la discusión en grupos de 3, comunicarán sus conclusiones al resto del grupo para generalizar la discusión.	Salón de clases Internet para consulta del plan de estudios de la carrera.	2 h
2 Propiedades mecánicas de los sólidos: Problemas numéricos.	Resolver problemas numéricos sobre las propiedades de los biomateriales aplicando principios vistos en clase para adquirir destreza en la evaluación de las propiedades mecánicas, estructurales y superficiales de los biomateriales con actitud analítica e interés de aprender a través de la práctica.	Los alumnos realizarán ejercicios numéricos sobre las propiedades mecánicas, estructurales y superficiales de los biomateriales usados en medicina.	Salón de clase. Paquete de ejercicios numéricos elaborados por el profesor con base en situaciones reales.	2h
3 Análisis de publicaciones. Nuevos biomateriales y casos de estudio	Sumarizar el estado del arte en la ciencia de biomateriales mediante el análisis de documentos científicos para adquirir una panorámica del desarrollo de los mismos a nivel mundial, con interés en la innovación y aplicación de nuevos biomateriales en la medicina.	Se asignarán al grupo publicaciones relativas a las propiedades de nuevos biomateriales y de casos clínicos relacionados con biomateriales ya aplicados en la elaboración de dispositivos médicos. El propósito de este ejercicio es el de facilitar la actividad de búsqueda bibliográfica para establecer el estado del arte tanto en el desarrollo de biomateriales como en el uso que se les da en la producción de biodispositivos su implante en pacientes.	Base de datos de la biblioteca.	

No. de Ejercicio	Competencia(s)	Descripción	Material de Apoyo	Duración
4 Uso de modelos: Construcción de un modelo de polímero.	Identificar el arreglo de los átomos y los grupos funcionales de biopolímeros mediante modelos atómicos para establecer las bases en el diseño de reacciones de polimerización en el laboratorio, con creatividad e iniciativa para el diseño de nuevos biomateriales.	Los alumnos seleccionarán polímeros que usarán como base para la construcción de un biopolímero, empleando modelos atómicos.	Salón de clase. Bases de datos Modelos atómicos	2h
5 Análisis de publicación y cálculos: Isotermas de Langmuir y Freundlich	Evaluar la naturaleza hidrofóbica o hidrofílica de biomateriales mediante isotermas de Langmuir y Freundlich para el fenómeno de adsorción de proteínas utilizando datos de publicaciones, con el fin de evaluar la hidrofobicidad de biomateriales, con actitud inquisitiva sobre la naturaleza de los mismos.	El alumno realizará ejercicios numéricos aplicando datos de publicaciones relacionadas con la adsorción de proteínas sobre biomateriales de naturaleza hidrofóbica e hidrofílica. Una vez construidas las isotermas, interpretará los datos para elaborar conclusiones sobre la naturaleza de los biomateriales.	Salón de clases Internet. Bases dedatos de la biblioteca.	2 h
6 Investigación bibliográfica: pruebas biológicas	Analizar la información aportada por pruebas biológicas realizadas sobre biomateriales, aplicando el conocimiento de la prueba para interpretar los aspectos de calidad que se definen por cada prueba, con una actitud honesta e interés de obtener información correcta sobre el biomaterial.	El alumno investigará en revistas periódicas arbitradas una publicación que reporte pruebas biológicas que se realizan en biomateriales antes de ser aprobados para su comercialización. El maestro describirá los tipos de pruebas y explicará los fundamentos teóricos.	Bases de datos de la biblioteca	2 h
7 Investigación bibliográfica y ensayo: Regeneración de tejidos.	Realizar una investigación en un tema de actualidad sobre el uso de biomateriales en la regeneración de tejidos mediante la exploración de publicaciones científicas arbitradas para escribir un ensayo, con una visión integradora de los temas vistos en el curso.	Se asignará un tema por alumno para que éste investigue en publicaciones periódicas. El alumno deberá consultar por lo menos 10 fuentes bibliográficas y elaborar un ensayo de por lo menos 10 cuartillas. Se entregarán las normas para este trabajo de fin de curso con 2 meses de anticipación a la fecha límite de entrega.	Bases de datos de la biblioteca. Internet	2 h

VII. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El curso está diseñado para que durante el transcurso del mismo, el estudiante participe cada vez más. Las primeras clases se caracterizarán por la siembra de ideas y conceptos básicos por el profesor, aplicando herramientas de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICS) en estrategias didácticas tradicionales, como la conferencia, las dinámicas de grupo como la discusión en grupo, el análisis crítico, la explicación al compañero, el debate y la investigación personal haciendo exploración en bibliografía y en bases de datos por internet, etc. Al inicio de cada unidad, el profesor impartirá la clase mediante presentaciones power point y dando explicaciones usando pintarrón.

Así mismo, para facilitar el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes, el estudiante participará activamente también a través de la práctica en el laboratorio, llevando a cabo experimentos cuyos objetivos han sido elaborados dentro del marco teórico de cada unidad. Para promover una actitud autodidacta, se asignarán ejercicios y tareas para llevar a casa proporcionándole las metas de forma clara y objetiva, además de los fundamentos necesarios para que alcance las metas propuestas. La experimentación será realizada en equipo, mientras que los reportes serán elaborados personalmente para promover el trabajo en equipo y el desarrollo personal respectivamente. Los reportes serán elaborados por cada alumno conforme las indicaciones en el formato que será entregado a los alumnos el primer día de clases.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

TEORIA: 60 % DEL TOTAL DEL CURSO

LABORATORIO: 40 % DEL TOTAL DEL CURSO

Para evaluar la teoría se tomarán en cuenta exámenes parciales (75 %), ejercicios y tareas (25 %). En los exámenes se incluirán preguntas teóricas sobre las prácticas de laboratorio.

Para evaluar el laboratorio, se tomará en cuenta: Resultados obtenidos, proactividad en el laboratorio, bitácora de laboratorio, calidad en los reportes (conforme a lo establecido en el formato de reporte que se entregará al alumno al inicio del curso).

Tendrán derecho a presentar examen ordinario, los alumnos que habiendo cursado la unidad de aprendizaje con 80% o más de asistencias en clases impartidas, no hayan quedado exentos del examen.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Básica

- Guelcher, S. A., & Hollinger, J. O. (2006). An introduction to biomaterials. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis.
- Park, J. B., & Bronzino, J. D. (2003). Biomaterials: Principles and applications. Boca Raton [Fla.]: CRC Press.
- Ratner, B. D. (2013). Third Edition. Biomaterials science: An introduction to materials in medicine. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- <http://biblioteca.uabc.mx/>

Complementaria

<http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/Recently-ApprovedDevices/ucm286493.htm>

MORAES, Luciene Gonçalves Palmeira et al. Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J. Appl. Oral Sci.* [online]. 2008, vol.16, n.2, pp. 145-149. ISSN 1678-7757.

H. Hagemam and R. G. Snyder. 1989. Quantitative Infrared Methods for the Measurement of Crystallinity and Its Temperature Dependence: Polyethylene. *Macromolecules* 22, 3600-3606

Beata Butruk, Maciej Trzaskowski, Tomasz Ciach. 2012. Fabrication of biocompatible hydrogel coatings for implantable medical devices using Fenton-type reaction. *Materials Science and Engineering C*. 32. 1601–1609.

Magali Dewaele, Erik Asmussen, Anne Peutzfeldt, E. Christian Munksgaard, Ana R. Benetti, Gauthier Finné, Gaëtane Leloup, Jacques Devaux. *Dental materials* 25:1576–1584.

Maisara S.M. Arsad, Pat M.Lee. 2011. Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Nanoparticles and β -TCP Particles. 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science IPCBEE vol.7 IACSIT Press, Singapore.

YÅ r A. Mørch, Ivan Donati, Berit L. Strand, and Gudmund Skjåk-Bræk. Effect of Ca^{2+} , Ba^{2+} , and Sr^{2+} on Alginate Microbeads. *Biomacromolecules* 2006, 7, 1471-1480. 10.1021/bm060010d.