جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل – كلية العلوم
قسم الفيزياء

تأثير تضمين الياف النفايات الحيوية على السلوك الوقائي والمضاد للبكتيريا لبوليمر PEO

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم _ قسم الفيزياء
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الفيزياء

من قبل

ايمن كاظم زغير كاطع

بأشراف

أ. د. عبد العزيز عبيد موسى

٢٠٢٤م **١٤٤٥هـ**

Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon
College of Science
physics department

Effect embedding of biowaste fiber on the shielding and antibacterial behavior of PEO polymer

A Research Project Submitted to the Council of the College of Science – Department of Physics
As Part of the Requirements for Obtaining a Bachelor's Degree in Physics

by

Aymen Kadhim Zghair Kati

Supervisor

Prof. Dr. Abdul azeez . O. Mousa

2024 A.D 1445 A.H

بسم الله الرحمن الرحيم

{ هُوَ الَّذِي أَنزَلَ عَلَيْكَ الْكِتَابَ مِنْهُ آيَاتٌ مُّحْكَمَاتٌ هُنَّ أُمُّ الْكِتَابِ وَأُخَرُ مُتَشَابِهَاتٌ فَأَمَّا الَّذِينَ فِي قُلُوبِهِمْ زَيْغٌ فَيَتَّبِعُونَ مَا تَشَابَهَ مِنْهُ ابْتِغَاءَ الْفِتْنَةِ وَابْتِغَاءَ تَأْوِيلِهِ وَمَا يَعْلَمُ تَأْوِيلَهُ إِلَّا اللَّهُ وَالرَّاسِخُونَ فِي الْعِلْمِ يَقُولُونَ آمَنَّا بِهِ كُلٌّ مِّنْ عِندِ رَبِّنَا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ }

صدق الله العلي العظيم

(سورة آل عمران ، الآية : ٧)

اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان { تأثير تضمين الياف النفايات الحيوية على السلوك الوقائي والمضاد للبكتيريا لبوليمر PEO } ، من قبل الطالب (ايمن كاظم زغير كاطع) قد جرى تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء .

التوقيع :

المشرف : **د. عبد العزيز عبيد موسى**

المرتبة العلمية : **استاذ**

التاريخ : / / ٢٠٢٤

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءاً على التوصيات المتوافرة ارشح هذا البحث للمناقشة

التوقيع :

اسم رئيس قسم الفيزياء : **د. سميرة عدنان مهدي**

المرتبة العلمية : **أستاذ مساعد**

التاريخ : / / ٢٠٢٤

إهداء

بعد سنين من المشوار الدراسي ها نحن نعانق نهاية المطاف لم يكن الامر سهلا كان دائما مكللا بخطوات الصعاب والعثرات الا انها لم تزدنا الا اصرارا

الى من كلله الله بالهيبة والوقار

الى من علمني العطاء بدون انتظار

الى من احمل اسمه بكل افتخار ... والدي العزيز

الى ملاكي في الحياة

الى معنى الحنان والتفاني

الى بسمة الحياة وسر الوجود ... والدتي الغالية

لم نكن نصل ما وصلنا اليه لولا دعم احبتنا

شكرا لأساتذتنا لولاكم ما كنا ما نحن عليه الان

ايمن

الشكر والعرفان

لا يسعنا بعد الانتهاء من إعداد هذا البحث إلا أن أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى

استاذي المحترم

الدكتور عبد العزيز عبيد موسى

الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث ، حيث قدم لي كل النصح والإرشاد طيلة فترة الإعداد

فله مني كل الشكر والتقدير .

كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى كل دكاترة

قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل .

لهم مني كل الشكر و التقدير .

ايمن

الخلاصة :

البوليمرات الحيوية هي البوليمرات التي تنتجها الكائنات الحية. وبعبارة أخرى، فهي جزيئات حيوية بوليمرية. تحتوي البوليمرات الحيوية على وحدات مونومرية مرتبطة بشكل تساهمي لتشكيل بنى أكبر. توجد ثلاث فئات رئيسية من البوليمرات الحيوية، مصنفة حسب الوحدات الأحادية المستخدمة وهيكل البوليمر الحيوي المكون:عديد النوكليوتيد (حمض نووي ريبوزي وحمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين)، وهما بوليميرات طويلة تتكون من ١٣ مونومرات نيوكليوتيدية أو أكثر ؛ متعدد الببتيد، وهي عبارة عن بوليمرات قصيرة من الأحماض الأمينية ؛ وعديدات السكريات، التي غالباً ما تكون تراكيب كربوهيدراتية بوليمرية خطية. أمثلة أخرى من البوليمرات الحيوية تشمل المطاط سوبرين،الميلانين واللليغنين.

السليلوز هو المركب العضوي الأكثر شيوعا والبوليمر الحيوي على الأرض. حوالي ٣٣ في المئة من جميع المواد النباتية هي السليلوز. محتوى السليلوز من القطن هو ٩٠ في المئة، بالنسبة للخشب هو ٥٠ في المئة.

Abstract

Biopolymers are polymers produced by living organisms. In other words, they are polymeric biomolecules. Biopolymers contain monomeric units covalently linked to form larger structures. There are three main classes of biopolymers, classified according to the monomers used and the structure of the biopolymer formed: polynucleotides (RNA and DNA), which are long polymers consisting of 13 or more nucleotide monomers; Polypeptides, which are short polymers of amino acids; and polysaccharides, which are often linear polymeric carbohydrate structures. Other examples of biopolymers include suberin rubber, melanin and lignin.

Cellulose is the most common organic compound and biopolymer on Earth. About 33 percent of all plant material is cellulose. The cellulose content of cotton is 90 percent, for wood it is 50 percent.

جدول المحتويات

ت	العنوان	الصفحة
	الخلاصة .	
١	المقدمة .	١
٢	مفهوم البوليمرات	١
٣	أنواع البوليمرات	٢
٣-١	البوليمرات الطبيعية	٣
٣-٢	البوليمرات الاصطناعية	٣
٤	تسمية البوليمرات	٤
٥	تركيب البوليمرات	٥
٦	الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبوليمرات	٧
٦-١	الخصائص الفيزيائية للبوليمرات	٧
٦-٢	الخصائص الكيميائية للبوليمرات	٧
٧	تكوين البوليمرات	٧
٨	استخدامات البوليمرات وتطبيقاتها	٨
٨-١	استخدامات البوليمرات في الصناعة	٨
٨-٢	استخدامات البوليمرات في الطب	٩
٨-٣	استخدامات البوليمرات في الزراعة	١٠
٨-٤	استخدامات البوليمرات في التطبيقات الهندسية	١٠
٩	البوليمرات الحيوية	١٠
١٠	مميزات البوليمرات الحيوية	١٦
١١	تصنيع المواد البوليمرية الحيوية	١٦
١٢	بوليمر صناعي ضد البكتيريا	١٧
	المصادر	٢٠-٢٤

١- المقدمة Introduction

البوليمرات تعني متعدد والمقطع (poly) كلمة لاتينية تتكون من مقطعين بولي (polymer) ان البوليمر وتعني الجزء أي أنها تعني متعدد الأجزاء (mer) هي جزيئات ضخمه تتكون من الترابط الكيمائية لإعداد كبيره من الجزيئات الاصغر أو وحدات متكررة وتسمى المونومرات الذي يمكن ان يختلف عدد المونومرات داخل جزى البوليمر اختلافا كبيرا كما يمكن أن تختلف الدرجة التي يظهر بها الانتظام في الترتيب والتوجه والتنسيب ووجود المونومرات مختلفة داخل جزى البوليمر نفسه في العديد من البوليمرات الاصطناعية وبعض البوليمرات الطبيعية ويمكن تحديد عدد المونومرات يشار اليها احيانا باسم (درجه البلمرة) بدقه غالبا من اجل تكيف خصائص المادة [1] .

ويمكن تعريف البوليمرات بأنها جزيئات كبيرة تتكون من جزيئات كيميائية صغيرة مرتبطة مع بعضها باواصر كيميائية فقد تكون هذه الجزيئات مرتبطة مع بعضها بشكل خطي فيدعى بالبوليمر الخطي (linear polymer) واحيانا اخرى تكون الجزيئة البوليمرية متفرعة فيدعى بلبوليمر المتفرع (Branched polymer) ، وقد تكون الفروع في سلسلة البوليمر ذات تركيب مشطي (Comb form) او سلمي (Ladder form) وفي بعض الحالات تكون هذه التفرعات متشابكة مع بعضها فيدعى بالبوليمر المتشابك (Crosslinked polymer) [2] .

تدعى الجزيئة البسيطة التي تبنى منها جزيئة البوليمر بالمونيمر (Monomer) احادي الجزيئة و تدعى عملية ارتباط هذة الجزيئة البسيطة مع بعضها البعض بعملية البلمرة (polymerization) التي تعمل على زيادة الوزن الجزيئي للبوليمر ومن ثم زيادة المجاميع الفعالة للبوليمر مؤثرة على الصفات الفيزيائية والكيميائية للبوليمر [3] .

٢- مفهوم البوليمرات The concept of polymers

البوليمرات **:** مظهر بوليمر خطي حقيقي كما صور باستخدام مجهر القوة الذرية على سطح بوجود وسط سائل. وطول سلسلة البوليمر حوالي (204nm) وسمك (0.4nm) .

البوليمر أو المبلمرأو المكثور Polymer : هو مركب ذو وزن جزيئي مرتفع مكون من وحدات جزئية مكررة. قد تكون هذه المواد عضوية أو غير عضوية أو عضوية معدنية، وقد تكون طبيعية أو اصطناعية في أصلها [3] .

أصبحت البوليمرات تلعب دورًا أساسيًا وكلّيًا في استخدامات الحياة اليومية وذلك بسبب خواصها الفريدة. فهي مواد أساسية في القطاعات الصناعية اليومية، مثل المواد اللاصقة، ومواد البناء ، والورق، والملابس ، والألياف، واللدائن، والسيراميك ، والخرسانة، والبلورات السائلة Liquid crystal والمقاوم الضوئي، ومواد التكسية (coating).

كما أن البوليمرات متواجدة في معظم مكونات التربة ، و النباتات ، والكائنات الحية. وهي مهمة في التغذية ، والهندسة الميكانيكية ، و بنية الكائنات الحية ، والطب، والحواسيب، واستكشاف الفضاء، والصحة، والبيئة. تستخدم كلمة بلاستيك أو لدائن استخدامًا خطأ للدلالة على البوليمرات، في حين أن البوليمرات تضم أصنافًا ضخمة من المواد التركيبية والطبيعية المتباينة في الخواص [4] .

تشمل البوليمرات الطبيعية غير العضوية الألماس، والجرافيت، والرمل، والأسبستوس، والعقيق، والصوان، والفلسبار (سيليكات الألومنيوم)، والميكا، والمرو، والتلك. تشمل البوليمرات الطبيعية العضوية عديد السكاريد مثل النشا، والسيليلوز، والحموض الأمينية، والبروتينات. وتشمل البوليمرات التركيبية غير العضوية نتريد البورون، والخرسانة، والعديد من الموصلات الفائقة لدرجات الحرارة العالية، والعديد من الزجاجيات. وتمثل مركبات السيلوكسان (Siloxanes) أو عديد السيلوكسان البوليمرات التركيبية العضوية المعدنية.

وتوفر البوليمرات التركيبية في استخدام الطاقة عند مقارنتها مع المعادن. فخفة وزنها تقلل من استهلاك الوقود في العربات والطائرات . وهي تفوق معظم المعادن بالنسبة إلى نسبة قوتها إلى وزنها . وقد طورت البوليمرات فامتلكت خواصَ جيدة وأصبحت اقتصادية التصنيع . كما أمكن استخدامها للأغراض الهندسية، فأصبحنا نستخدم المسننات، والمدحرجات، والهياكل المصنعة من البوليمرات[5] .

٣- أنواع البوليمرات Types of polymers

يوجد نوعان من البوليمرات؛ البوليمرات الطبيعية (Natural Polymer)، والبوليمرات الاصطناعية (Synthetic Polymer)، وفيما يأتي توضيح لهما [6] :

٣-١ البوليمرات الطبيعية Natural polymers

تصنّف البوليمرات الطبيعيّة إلى نوعين وهما: بوليمرات عضوية وغير عضوية، وتؤدي البوليمرات الطبيعية العضوية دورًا مهمًا في الكائنات الحية، إذ تُوفر المواد البنائية الأساسية، وتشارك في العمليات الحيوية، وفيما يأتي مجموعة من الأمثلة عليها:

- ❖ السليلوز : يعرّف بأنّه مجموعة من المواد المتواجدة في النباتات، وتُشكل الأجزاء الصلبة منها، فالسيليلوز (Cellulose) هو عديد السكريات (Polysaccharide)، إذ إنّه يتكون من جزيئات السكر.
- ❖ اللجنين والراتنجات : يعد اللجنين (Lignin) شبكة معقدة ثلاثية الأبعاد من البوليمرات، أما راتنجات الخشب (Various Resins) فهي بوليمرات مكونة من هيدروكربون بسيط وأيزوبرين.
- ❖ البروتينات والأحماض النووية : تتكون بوليمرات البروتين (Protein) من الأحماض الأمينية، في حين تتكوّن الأحماض النووية (Nucleic Acid) من النيوكليوتيدات، وهي جزيئات معقدة تتكوّن من قواعد تحتوي على النيتروجين والسكريات وحمض الفوسفوريك.
- ❖ النشويات : تعدّ النشويات (Starches) من مصادر الطاقة الغذائية، لأنّها بوليمرات طبيعية تتكون من الجلوكوز.

يُوجد بعض الأمثلة على البوليمرات غير العضوية في الطبيعة مثل؛ الألماس والجرافيت، اللذان يتكونان من الكربون، إذ ترتبط ذرات الكربون مكونة شبكة ثلاثية الأبعاد في الألماس؛ ممّا يمنحه خاصية الصلابة، كما يستخدم الجرافيت في عملية التشحيم وصنع أقلام الرصاص [7] .

٣-٢ البوليمرات الاصطناعية Synthetic polymers

تُنتَج البوليمرات الاصطناعية من خلال أنواع متعددة من التفاعلات الكيميائية، ومن أهمّ الأمثلة عليها ما يأتي:

- البولي إيثيلين (Polyethylene) : يتّصف بأنّه بلوري، وشفاف، ولدن (أي يصبح أملسًا عند تعرضه لدرجة الحرارة)، كما أنّه يستخدم في الدهان وتصنيع الزجاج والحاويات.
- البولي بروبيلين (Polypropylene) : يُعرّف بأنّه مادة بلورية لدنة، حيث تستخدم في صناعة النسيج.

- بولي بوتادين، وبولي إيزوبرين، وبولي كلوروبرين : تُستخدم كلّ من مادة بولي بوتادين (Polybutadiene)، وبولي إيزوبرين (Polyisoprene)، وبولي كلوروبرين (Polychloroprene) في صناعة المطاط.
- البوليسترين (Polystyrene) : يتصف بكونه مادة زجاجية وشفافة ولدنة، كما أنّها تستخدم في صناعة الألعاب، والمجسمات البلاستيكية.
- بولي فينيل كلوريد (Polyvinyl Chloride) : يعد من البوليمرات الاصطناعية، وهي مادة صلبة لا لون لها، كما أنّها لدنة وقابلة للتشكيل، حيث تستخدم كمادة لاصقة، وفي أعمال الدهان.

٤- تسمية البوليمرات Nomenclature of polymers

يُشتق اسم البوليمر من اسم المونومر الذي يدخل في تركيبه ، وفي مثال على ذلك يسمى بوليمر بولي ايثين (Poly Ethene) نتيجة تكوّنه من مونومر إيثين (Ethene) ، وفيما يأتي توضيح لكيفية تسمية البوليمرات [8]:

٤-١ تسمية المونومر

يُبدأ بتسمية المركب الكيميائي الأساسي (المونمر) عن طريق حساب عدد ذرات الكربون ؛ مثلًا يبدأ اسم المركب الذي يحوي ذرة كربون واحدة بـ(meth) والذي يحوي ذرتين بـ(eth)، ثم تحديد أنواع الروابط؛ أحادية أم ثنائية وهكذا، والمجموعات الوظيفية المتواجدة وأعدادها كالكحول والكيتونات وغيرها.

٤-٢ تسمية البوليمر

تُوضع كلمة (Poly) ثم يفتح قوسين لوضع اسم المونومر بداخلهما، وذلك في حال كان البوليمر يحتوي على مونومر واحد مثل (Poly Methyl Methacrylate) ، وإذا كان المونومر كلمة واحدة يحذف كلّ من القوسين مثل Polystyrene [9] .

٤-٣ إضافة التعقيد Add complexity

تتكوّن البوليمرات المشتركة من أكثر من مونومر، فتُسمى باستخدام بعض المحددات التي تكتب بالخط المائل التي تشير إلى البوليمر المكون من مونومرات موزعة عشوائيًا، بحيث توضع هذه المحددات في بداية التسمية أو بين أسماء المونومرات مثل؛ (cyclo-polystyrene-graft-polyethylene).

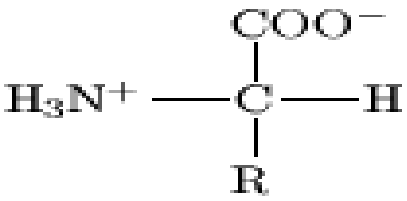
٤-٤ التسمية القائمة على الهيكل Structure-based naming

يُمكن تسمية البوليمرات وفقًا لهيكلها بدلًا من المونومرات المكونة لها، تحديدًا حسب وحدة التكرار (الوحدة الفرعية الهيكلية) التي يحصل عليها بتجزئة بنية البوليمر إلى أصغر وحدة تكرار ممكنة مثل؛ ١-bromoethane-1,2-diyl.

٥- تركيب البوليمرات Polymer synthesis

تتكون البوليمرات من بنى تتمثل في وحدات بنائية متطابقة متكررة. وهذه الوحدات بدورها تتكون من جزيئات أصغر تسمى المونومرات او الموحد . تتفاعل المواحيد مع بعضها لتشكل البوليمر. يوضح الشكل (١) الجانبي موحد البروبيلين والوحدة المتكررة التي تشكل عديد البروبيلين [10] .

وباستثناء المجموعة الطرفية في سلسلة عديد البروبلين، فإنها تتكون كاملا من هذه الوحدة المتكررة. ويسمى عدد هذه الوحدات (n) في سلسلة البوليمر بدرجة البلمرة أو DP. والبوليمرات الأخرى، مثل البروتينات، يمكن وصفها بكتابة الوحدة المتكررة التقريبية كما في الشكل التالي.



الشكل (١) يوضح الجانبي موحد البروبيلين

حيث تكون طبيعة R متغيرة (يستعاض عنها بذرة أو مجموعة من الذرات).

وتؤثر التغييرات التي تحدث في المواحيد في خواص البوليمر مثل المرونة، وقابلية الذوبان، أو قوة شد البوليمر. ويمكن لهذه التغيرات في البروتينات أن تجعل للبوليمر القدرة على أن يكون له التركيب

المناسب، بدلا من حدوث لف عشوائي "Random Coil" له. ومع أن معظم البوليمرات عضوية (أي أنها مكونة من سلسلة كربونية)، فإنه يوجد أيضا بوليمرات غير عضوية، وغالبا ما تكون سلاسلها مبنية على أصل من السيليكون. ويغطي مصطلح بوليمر مدى واسع من الجزيئات، متضمنا أيضا بعض المواد مثل البروتينات والخيوط التي لها قوة شد عالية مثل الخيوط . والأساس في التفريق بين البوليمرات والجزيئات الأخرى الكبيرة هو وجود الوحدات المتكررة (المواحيد) في سلاسل البوليمر. ويحدث هذا في عملية البلمرة، والتي ترتبط فيها المواحيد معا لتكوين سلسلة طويلة من البوليمر. فمثلا، عملية تكون البولي إثيلين "Polyethylene or Polyethene" تتضمن تشابك آلاف الوحدات من جزيئات الإثنين معا لتكوين سلسلة لها الوحدة المتكررة . ويتكون البوليمر بولي إيثلين (Polyethylene) وفقًا للمعادلة الآتية :- $C_2H_4 + C_2H_4 \rightarrow C_4H_8$. غالبا ما تسمى البوليمرات على اسم المواحيد المكونة للبوليمر [11] .

ولأن التفريق بين البوليمرات يكون غالبا بالمواحيد المكونة لها، فإن سلاسل البوليمرات في أي مادة لا يكون لها نفس الطول. وهذا بعكس الجزيئات الأخرى التي تتكون من عدد معين من الذرات، ويكون لكل جزيء ووزن جزيئي محدد. وتختلف أطوال سلاسل البوليمرات لإن السلاسل تنتهي بطريقة عشوائية أثناء تطور عملية البلمرة.

البروتينات ما هي إلا أحماض أمينية في شكل بوليمر. ومن ستة إلى عدة مئات تقريبا من أشكال المواحيد التي تكون السلسلة، فإن التتابع الذي يتكون به البروتين يحدد خواصه ونشاطه. ولكن يوجد في هذه البروتينات ما يسمى مناطق نشيطة، والتي تكون محاطة بما يعتقد بأنه مناطق تركيبية، والتي يكون دورها الأساسي هو إظهار هذه المنطقة/المناطق النشطة. وعلى ذلك فإن التتابع الأصلي للحمض الأميني ليس له أهمية كبيرة، طالما أن هذه المناطق النشطة يمكن الوصول إليها بفاعلية. وحيث أن تكون البولي إثيلين يحدث بطريقة عشوائية، فإن من يقوم بتصنيع البروتينات الحيوية والحموض النووية يجب أن يكون لديهم عامل حفز (مادة تقوم بتسيهل أو تعجيل التفاعل). ومنذ الخمسينيات من القرن العشرين، كان للعوامل الحفازة دور كبير في تصنيع البوليمرات. وبوجود مزيد من التحكم في تفاعلات البلمرة، فقد صنعت بوليمرات ذات خصائص فريدة، مثل القدرة على إصدار ضوء ملون[11] .

وللحصول على خصائص جيدة للمبلمر فإنه لابد من ضبط عدة عوامل. وهذا لأن البوليمر يتكون في الحقيقة من توزيعات من السلاسل بأطوال مختلفة، وكل سلسلة تتكون من حصيلة المونومرات (المواحيد) التي تؤثر على خواص البوليمر. وبعض هذه العوامل مشروحة بالأسفل.

٦- الخواص الفيزيائية والكيميائية للبوليمرات

Physical and chemical properties of polymers

تتميز البوليمرات بمجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية، والتي تتضح فيما يأتي[12] :

٦-١ الخصائص الفيزيائية للبوليمرات :

من أهمّ الخصائص الفيزيائية للبوليمرات ما يأتي:

١) تتمتع بقوة شد كبيرة بسبب ازدياد طول السلسلة.
٢) غير قابلة للذوبان، إذ إنّها تتحول من الحالة البلورية إلى شبه بلورية.
٣) غير موصلة للحرارة، وهي قابلة للتمدد الحراري بكميات واتجاهات مختلفة.

٦-٢ الخصائص الكيميائية للبوليمرات :

من أهمّ الخصائص الكيميائيّة للبوليمرات ما يأتي[13] :

١) تتميز بقوة ربط عرضي؛ نتيجة الترابط الهيدروجيني والأيوني .
٢) تتميز بمرونة عالية؛ بسبب الرابطة ثنائية القطب الناتجة عن السلاسل الجانبية.
٣) تمتلك درجة انصهار منخفضة؛ بسبب السلاسل التي تربط بقوى فان دير فالس الضعيفة.
٤) تتميّز بمعدل نفاذية منخفض جدًا.

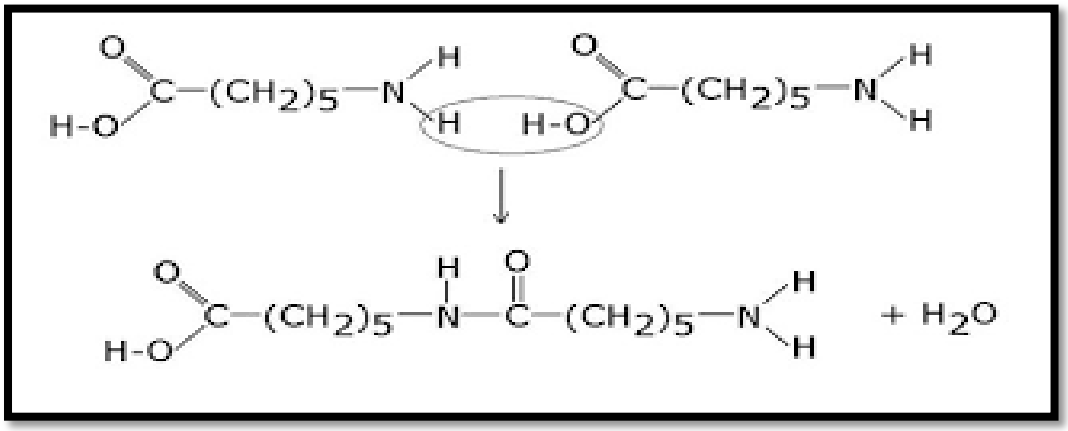
٧- تكوين البوليمرات Composition of polymers

٧-١ البلمرة الإسهامية Copolymer Ization

البلمرة الإسهامية هي بلمرة بنوعين أو أكثر من المواحيد. ومثال لذلك مواحيد الحموض الأمينية التي ذكرت من قبل، والتي تتكون منها البروتينات. البلمرة الإسهامية لمواحيد مختلفة ينتج عنها بوليمرات بخواص مختلفة. فمثلا، البلمرة الإسهامية لاثنين بكميات قليلة من الهيكسين hex-1-ene هي طريقة لإنتاج بولي إثيلين خطي قليل الكثافة (Linear Low Density Polyethylene LLDPE) " اقرأ بولي إثيلين. تفرعات C4 التي تنتج من الهيكسين تقلل الكثافة وتمنع تكون مناطق متبلورة في البوليمر كما

يحدث في البولي إثيلين عالي الكثافة (HDPE). وهذا يعنى أن (LLDPE) يمكن أن يتحمل قوى الشد مع بقائها مرنة.

والشكل (٢) يوضح نوع معين من البلمرة الإسهامية تسمى البلمرة التكاثفية. وفي هذا النوع بالتحديد يطلق جزيء صغير أثناء البلمرة. في شكل التفاعل الآتي يطلق جزيء الماء ويتكون النايلون. ويمكن التحكم بنوع النايلون (اسمه وخواصه) بمجموعتي R، R' المستخدمة [14] .



الشكل (٢) يوضح نوع معين من البلمرة الإسهامية تسمى البلمرة التكاثفية [14] .

٨- استخدامات البوليمرات وتطبيقاتها Uses and applications of polymers

تُستخدم البوليمرات في عدة مجالات مثل الصناعة، والطب، والزراعة، والتطبيقات الهندسية، والتطبيقات الطبية الحيوية، ويمكن توضيح ذلك فيما يأتي[15] :

٨-١ استخدامات البوليمرات في الصناعة

تُستخدم أنواع عدة من البوليمرات في الصناعة، وفيما يأتي توضيح لها:

- **البولي بروبين :** يُستخدم في صناعة المنسوجات، وأدوات التعبئة والتغليف والقرطاسية والحبال والألعاب، أيضًا يستخدم في صناعة البلاستيك وهياكل الطائرات، وفي عملية البناء.
- **البوليسترين :** يُستخدم في صناعة أدوات التعبئة والتغليف، والعبوات الزجاجية، والألعاب، كما يدخل أيضًا في صناعة الحاويات، والنظارات، والخزائن، والأغطية، بالإضافة إلى الأدوات المنزلية التي تستخدم لمرة واحدة، كما أنّه يستخدم في عملية العزل.

- **الباكليت :** يُستخدم في صناعة المفاتيح الكهربائية، والمواد العازلة، والأسلحة النارية، وأدوات المطبخ مثل الأكواب ودلال القهوة، كما يستخدم أيضًا في تصنيع الألعاب، والمجوهرات، وأقراص الكمبيوتر.
- **بولي فينيل كلوريد :** يَدخل في صناعة الأنابيب المستخدمة في شبكات الصرف الصحي، كما يعد عازلًا كهربائيًا، إذ إنّه يستخدم في صنع الكابلات الكهربائية.
- **كلوريد البوليفينيل :** يُستخدم في صناعة الملابس والأثاث، ويدخل أيضًا في صناعة أرضيات الفينيل، وفي صناعة الأبواب والنوافذ.
- **راتنجات اليوريا فورمالدهايد :** يدخل في صناعة القوالب، والحاويات غير القابلة للكسر، والمواد اللاصقة، والألواح المصفحة، والقوالب.
- **جليبتال :** يُستخدم في صناعة أنواع مختلفة من الدهانات.

٢-٨ استخدامات البوليمرات في الطب

يُوجد عدة استخدامات للبوليمرات في المجال الطبي، وهي كما يأتي [16] :

- ❖ تُستخدم في أجهزة توصيل الأدوية (نظام تقديم الدواء)، والدعامات الوعائية، والخيوط الجراحية، والأجهزة المساعدة في التخلص من الجلطات.
- ❖ تدخل في علاج تمدد الأوعية الدموية، وانسداد القناة الشريانية، وتقويم الأسنان.
- ❖ تُستخدم في غسيل الكلى.
- ❖ تُستخدم في تثبيت العظام وإصلاح الأربطة والأوتار.
- ❖ تُساعد على تحفيز صناعة الدواء وتجريبه بسبب استجابتها للمثيرات الخارجية للجسم مثل؛ الإجهاد الميكانيكي، الكهرباء، التغير في درجة الحرارة.
- ❖ تُستخدم في الجراحة التجميلية مثل تكبير محيط الجمجمة والوجه.
- ❖ تُستعمل كبديل للنواة اللّبية.

تُستخدم البوليمرات في صناعة المواد الطبية الحيوية، مثل:

١) صمام القلب، والأوعية الدموية التي تصنع من الداكرون، والتفلون، والبولي يوريثين.
٢) صناعة خيوط الجراحة، والزرعات.
٣) صناعة عدسات العين، وأجهزة تصريف مياه العين الزرقاء.

٨-٣ استخدامات البوليمرات في الزراعة

١) تُستخدم البوليمرات في الزراعة كما يأتي[17] :
٢) إنتاج المياه بدون ترك أثر سلبي على الموارد الطبيعة.
٣) زيادة جودة المبيدات الحشرية، وتحسين كفاءة المبيدات العشبية.
٤) توفير التهوية والتغطية عند إضافتها للتربة، وتحسين نموّ النباتات وصحّتها.
٥) إزالة الأيونات المعدنية من التربة والماء.

٨-٤ استخدامات البوليمرات في التطبيقات الهندسية

تُستخدم البوليمرات في عدة تطبيقات هندسية، مثل[18] :

١. البناء والنقل والإلكترونيات.
٢. المعالجة الكيميائية، فتعد البوليمرات مواد بديلة عن المعادن المختلفة والسبائك.
٣. هندسة الإلكترونيات والآلات الصناعية.

٩- البوليمرات الحيوية Biopolymers

البوليمرات الحيوية، التي أصبحت ذات قيمة للاستخدام في الكثير من التطبيقات، تتفوق على المشتقات البتروكيماوية في كونها قابلة للتحلل الحيوي ومتوافقة حيويًا وبيئيًا.

تتكون عديدات السكاريد المتجانسة من نوع واحد فقط من السكريات الأحادية (D-فركتوز أو D-جلوكوز) المرتبطة بعدد ثابت من مجموعات أنواع الروابط أو أنواع الروابط الفردية. تتكون عديدات السكاريد المتغايرة من عدة نسخ من سكريات قليلة التعدد تحتوي على ٣ إلى ٨ بقايا ينتجها كائن حي دقيق آخر. للسكريات الخارجية العديد من التطبيقات الصناعية في الصناعات الدوائية والغذائية وغيرها من الصناعات مثل مستحضرات التجميل وعوامل التبلور وأدوية تضميد الجروح والورق والمنسوجات [19].

الأمثلة المهمة في السكريات الأحادية هي السليلوز. السليلوز هو البوليمرات الحيوية الأكثر أهمية، ويتم إنتاجه بشكل أساسي عن طريق النباتات. ومع ذلك، يمكن لبعض أنواع البكتيريا أيضًا إنتاج السليلوز

بتركيبة كيميائية تشبه تركيبة السليلوز النباتي ولكن بخصائص فيزيائية فريدة. يرجع هذا الاختلاف إلى أن الشبكة الشبكية لأليافها الدقيقة التي يبلغ قطرها (0.1m) تساوي حوالي ١٠٠ من ألياف الخشب.

أيضًا، على عكس السليلوز النباتي، لا يحتاج السليلوز الميكروبي إلى تحويل إضافي ،تم إخلاؤها من ملوثات وشوائب غير مرغوب فيها مثل البكتين والهيميسيلولوز واللجنين، وبهذه الطريقة يكون لديه خيار الاحتفاظ بمستوى بلمرة بارز [20] .

٩-١ السليلوز الميكروبي Microbial cellulose

أثبت السليلوز الميكروبي أيضًا خصائص منفردة، كما هو الحال من حيث النقاء، وقوة الشد، ومعامل يونج أعلى من الألياف الاصطناعية بحوالي ٣٠-٤٠ ، والقدرة على التورم بما يصل إلى ٧٠٠ مرة من أليافها. يتميز هيكل أليافه بنعومة تتراوح من (0.1-10 Mm) وبلورة عالية وتحلل أفضل من السليلوز من النباتات. وفي الوقت نفسه، يحتوي السليلوز المستخرج من النباتات على اللجنين والبكتين والهيميسليلوز كمركبات رئيسية. مما يجعلها أكثر ملاءمة كمادة خام لإنتاج الورق عالي الجودة والأطعمة الحلوى ومكبرات الصوت عالية الدقة. ألياف السليلوز البكتيرية أرق بنحو ١٠٠ مرة من ألياف السليلوز النباتية، وبالتالي فهي مادة مسامية للغاية، مما يسمح بنقل الأدوية أو المضادات الحيوية المختلفة إلى الإصابة بينما تعمل في نفس الوقت كحاجز مادي عاطفي مقابل أي تلوث خارجي. لذلك، يتم استخدامه على نطاق واسع في شفاء الإصابات [21] .

لقد أصبح السليلوز البكتيري مؤخرًا سمة مميزة للعديد من المنتجات الطبية الحيوية المهمة بما في ذلك زراعة الأوعية الدموية (الأنابيب)؛ ضمادات العناية بالجروح؛ الخيوط الجراحية يزرع متوافقة حيويا. ومصفوفات تقوية الأنسجة إلى جانب الصناعات التقليدية الأخرى مثل الورق منتجات الطعام؛ الإلكترونيات ومنتجات التجميل.إذ وجد أنه يتميز عن السليلوز النباتي من حيث التجدد والتحلل الحيوي إلى جانب خواصه الميكانيكية الفريدة بما في ذلك درجة التبلور العالية؛ نقاء؛ سعة تخزين الماء التوافق الحيوي والمرونة لقد كانت كولومبيا البريطانية هدفاً جذاباً للإنتاج التجاري في السنوات الأخيرة [22] .

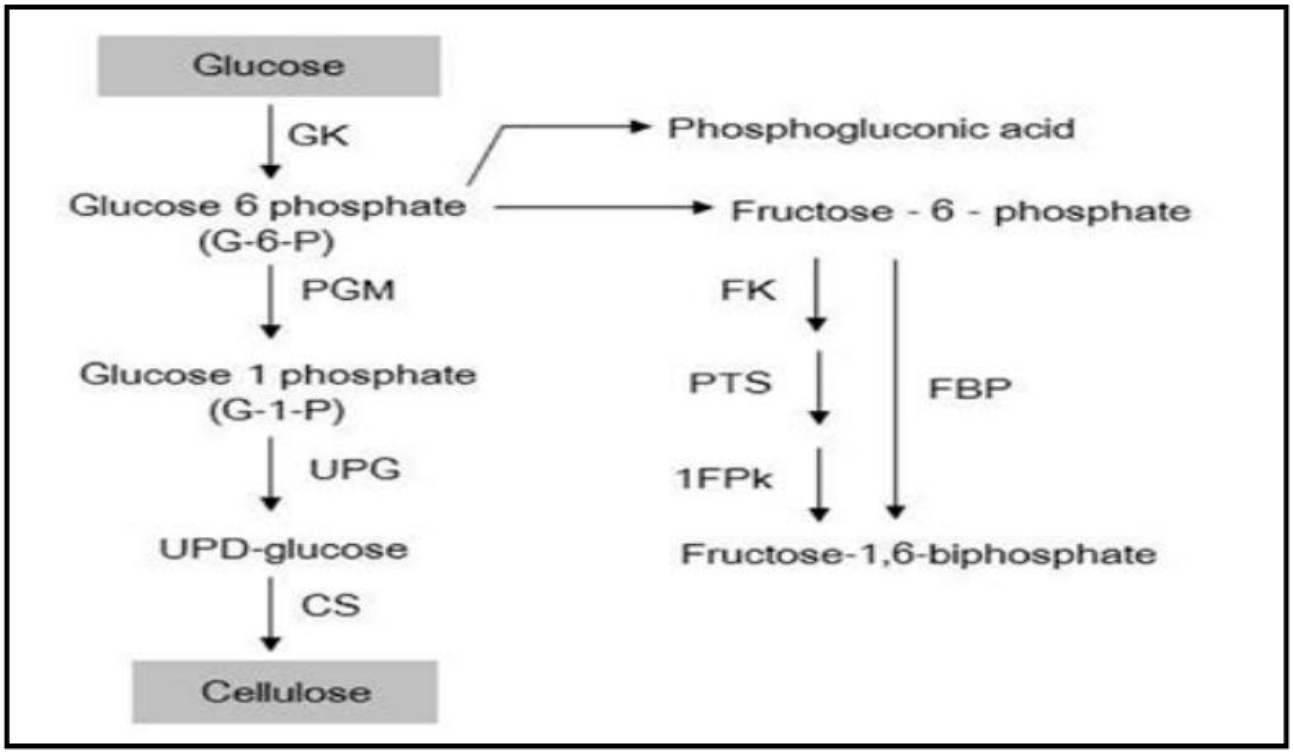
٩-١-١ السلالات البكتيرية المنتجة للسليلوز Cellulose-producing bacterial strains

كما أن الكائنات الحية الدقيقة التي تنتج السليلوز لها تطبيقات وخصائص مختلفة عن السليلوز النباتي. يتم إنتاج السليلوز بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المختلفة مثل الطحالب والبكتيريا والفطريات. في الطحالب الخضراء، يعمل المنان والزيلان والسليلوز كهيكل لجدار الخلية من السكريات. على الرغم من أن السليلوز يتم إنتاجه بكميات صغيرة في معظم الطحالب الحمراء (Rhodophyta)، وفي جميع الطحالب البنية (Phaeophyta) وفي نهاية المطاف من الطحالب الذهبية . يتم استبدال البكتيرية بالكامل بالسليلوز الذي يمثل حوالي ١٥ من الكتلة الجافة للجدار. كما أن الأنواع سالبة الجرام مثل Alcaligenes، Azotobacter، Acetobacter، Sarcina، Rhizobium، Pseudomonas، Salmonella، Agrobacterium، Achromobacter، Aerobacter كانت تنتج السليلوز[22] .

علاوة على ذلك، يتم تصنيع السليلوز بواسطة بكتيريا Sarcina ventriculi وهي بكتيريا إيجابية الجرام، تمثل حوالي ١٥% من إجمالي كتلة الخلايا الجافة.

٩-١-٢ تخليق السليلوز البكتيري Bacterial cellulose synthesis

يعد تخليق السليلوز البكتيري عملية دقيقة ومنظمة بشكل خاص وتتضمن العديد من الخطوات. كما هو مبين في الشكل ٥؛ إن البنية فوق الجزيئية لمجمع يحتوي على عدد كبير من البروتينات التحفيزية والتنظيمية بالإضافة إلى الإنزيمات الفردية ليست واضحة بعد. إن آليات مسارات تخليق الجلوكوز ثنائي فوسفات اليوريدين (UDPGlc) معروفة جيدًا نسبيًا، في حين أن الآلية التي يتبلمر بها الجلوكوز إلى سلاسل طويلة غير متفرعة لا تزال بحاجة إلى التحقيق [23] .



الشكل (٢) يوضح مسار تصنيع السليلوز البكتيري لبكتيريا 1FPk (فركتوز-١-فوسفاتكيناز)، PTS (نظام نقل الفوسفات)، FBP (فركتوز-١،٦-ثنائي فوسفات فوسفات)، FK (فركتوكيناز)[23] .

٩-١-٣ هيكل السليلوز البكتيري

الصيغة الجزيئية (C6H10O5)n للسليلوز البكتيري هي نفس صيغة السليلوز النباتي، لكن خواصه الفيزيائية والكيميائية مختلفة. البنية الأساسية للسليلوز البكتيري عبارة عن بوليمر من سلاسل الهيدروجين المرتبطة بإحكام بين مجموعات الهيدروكسيل، تسمى الميكروفيبريلز، بسمك (3-8 nm) وعرض (50-80 nm) ، مع سلاسل جلوكان متصلة من الداخل إلى الخارج . تم عرض هذه البنية الليفية الدقيقة للسليلوز البكتيري لأول مرة في عام ١٩٤٩ بواسطة موليثالر، الذي أثبت أن كل سلالة بكتيرية تنتج بنية سليلوزية مختلفة [24] .

٩-١-٤ الجينات المسؤلة عن انتاج السليلوز الميكروبي

في السلالات البكتيرية المنتجة للسليلوز. وأبرزها Gluconoacetobacter hansenii، ويتم تنظيم عملية التخليق الحيوي قبل الميلاد بواسطة أربعة جينات وهي A وB وC وD التي تشتمل على أوبرا سينسيز السليلوز البكتيري (bcs) بطول (٩.٢ كيلو بايت) ، يسبقه شظايا "تنظيمية" يُقال إنها ضرورية

للتخليق الحيوي قبل الميلاد؛ جين cmcax الذي يشفر إنزيم endo-β- 1,4-glucanase الذي يتحلل BC ويحسن تركيبه، وجين ccpAx الذي يعتقد أنه يلعب دورًا مهمًا في النقل خارج الخلية لـ يتم تشفير إنزيم سينسيز (تكوين الناتج المحلي الإجمالي) الرئيسي (PF03552) بواسطة جزء bcsA، بينما يقوم bcsB بتشفير بروتين تنظيمي ينتمي إلى فصيلة BcsB الفائقة (pfam03170) الذي يشفر البروتين التنظيمي للتخليق الحيوي للسليلوز والذي يُعتقد أنه يربط المستجيب الإيجابي لـ di-GMP الدوري ؛ كلاهما يشتمل على وحدة ترانسفيراز الجليكوزيل المعقدة المسؤولة عن نقل بقايا الجلوكوزيل من الجلوكوز UDP إلى سلسلة ١،٤ جلوكان . وفي الوقت نفسه ، يُعتقد أن الأجزاء متورطة في تصدير وتعبئة ألياف السليلوز خارج الخلية من خلال تشكيل قناة إلى الغشاء الخارجي مما يسمح ببلورة . أفادت العديد من الدراسات أن شظايا bcsAB فقط هي الكافية لإنتاج فعال قبل الميلاد في المختبر ومع ذلك، أكدت دراسات أخرى ضرورة الجينات الأربعة لتحقيق أقصى إنتاج داخل الجسم الحي [24] .

بحثت العديد من الدراسات في الإنتاج واسع النطاق لـ BC في العديد من الأنظمة القائمة على البلازميد. في هذا المجال، يتم استخدام منصة E. coli على نطاق واسع كمنتج بروتين عالي الجودة بسبب حركية نموها السريع؛ التلاعب الجيني البسيط والتعبير السريع للبروتين، وما إلى ذلك . تشمل العوائل البكتيرية الأكثر استخدامًا لإنتاج البروتينات المؤتلفة على نطاق واسع سلالات E. coli B [Rosetta و(BL21, DE3)] وسلالات K-12، بما في ذلك سلالة تكرار البلازميد الرئيسية . ومع ذلك، باعتباره بروتينًا مرتبطًا بالغشاء؛ تم الإبلاغ عن أن الإفراط في التعبير عن سينسيز السليلوز في (E. coli BL21, DE3) سام، مما يمهد الطريق لمضيفين بديلين آخرين مثل (DE3, C41). تم استخدام سلالة متحولة مشتقة من (BL21, DE3) لدراسة إمكانية التعبير الهائل عن بروتينات الغشاء السام من أوبرا [25] .

٢-٩ التأثيرات البيئية للبوليمرات الحيوية Environmental impacts of biopolymers

يمكن أن تكون البوليمرات الحيوية مستدامة ومحايدة للكربون وتكون دائمًا متجددة، لأنها مصنوعة من مواد نباتية يمكن زراعتها إلى أجل غير مسمى. هذه المواد النباتية تأتي من المحاصيل الزراعية غير الغذائية. لذلك، فإن استخدام البوليمرات الحيوية من شأنه أن يخلق صناعة مستدامة. في المقابل، فإن المواد الأولية للبوليمرات المشتقة من البتروكيماويات ستستنفد في النهاية. بالإضافة إلى ذلك، فإن البوليمرات الحيوية لديها القدرة على تخفيض انبعاثات الكربون والحد من كميات ثاني أكسيد الكربون في

الغلاف الجوي: وذلك لأن ثاني أكسيد الكربون الذي يتم إطلاقه عندما تتحلل يمكن إعادة امتصاصه من قبل المحاصيل التي تزرع لتحل محلها: وهذا يجعلها قريبة من الكربون المحايد [26] .

البوليمرات الحيوية قابلة للتحلل الحيوي، وبعضها قابل للتحويل إلى سماد. بعض البوليمرات الحيوية قابلة للتحلل البيولوجي: فهي مقسمة إلى ثاني أكسيد الكربون والماء بواسطة الكائنات الحية الدقيقة. بعض هذه البوليمرات الحيوية القابلة للتحلل هي سماد: يمكن وضعها في عملية تصنيع السماد الصناعي، وسوف تتحلل بنسبة ٩٠٪ في غضون ستة أشهر. يمكن تمييز البوليمرات الحيوية التي تقوم بذلك برمز سماد طبيعي "compostable"، تحت المواصفة الأوروبية . يمكن وضع العبوة التي تحمل هذا الرمز في عمليات تصنيع الكومبوست الصناعية وسوف تتحلل في غضون ستة أشهر أو أقل [27] .

من الأمثلة على البوليمر القابل للتحويل إلى السموم هو غشاء متعدد حمض اللاكتيك (PLA) الذي يقل سمكه عن ٢٠ سم ، الأغشية التي تكون أكثر سمكًا من تلك التي لا تؤهل لتكون سمادًا، على الرغم من أنها قابلة للتحلل الحيوي. في أوروبا، يوجد معيار للسماد الطبيعي المنزلي والشعار المصاحب الذي يمكن المستهلكين من تحديد والتخلص من التغليف في كومة السماد الخاصة بهم [27] .

١٠- مميزات البوليمرات الحيوية Advantages of biopolymers

تتميز المواد البوليمرية الحيوية بأنها مصنوعة من مواد عضوية طبيعية، مثل السكريات والنشا والبروتينات والأحماض الدهنية. وتشمل هذه المواد العديد من المنتجات الحيوية والمركبات التي يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات، ومن أهمها [28] :

١- **البوليمرات النشطة :** وهي مواد بوليمرية تستخدم في التطبيقات الطبية، مثل الأسقف المخاطية والعظام الصناعية.

٢- **البلاستيك الذكي:** وهي مواد بوليمرية تتميز بالقدرة على تغيير شكلها وتحولها من حالة صلبة إلى سائلة والعكس.

٣- **البلاستيك الحيوي:** وهو نوع من المواد البوليمرية يتم تصنيعها من مصادر طبيعية، مثل النشا، ويمكن استخدامها في مجال التغليف وتصنيع أدوات وأدوية طبية.

٤- **البلاستيك المغناطيسي:** وهو نوع من المواد البوليمرية يمكن أن تحوي جسيمات مغناطيسية، وتستخدم في العديد من التطبيقات الصناعية والطبية.

١١- تصنيع المواد البوليمرية الحيوية Manufacture of biopolymer materials

تعتمد طريقة تصنيع المواد البوليمرية الحيوية على نوع المادة المستخدمة والتطبيق الذي يراد استخدامها فيه. وعلى سبيل المثال، يتم تصنيع البلاستيك الحيوي من النشا عن طريق تحويله إلى غليكول الحمض اللبني، ثم تفاعله مع الإيثانول لتكوين البوليمر الحيوي. وتتطلب عملية تصنيع المواد البوليمرية الحيوية استخدام تقنيات متقدمة وتحكم في عدة معاملات مثل درجة الحرارة والضغط وتركيز المواد المستخدمة [28] .

تعتبر البوليمرات الحيوية مجموعة من المركبات الكيميائية التي تنتج بطرق حيوية من المصادر الطبيعية، مثل السكريات والدهون والبروتينات، وتتمتع بخصائص مختلفة توازي خصائص المواد البلاستيكية المعروفة، والأنواع الرئيسية للبوليمرات الحيوية تشمل [29] :

١- **البوليمرات النشوية:** وتنتج من النشا وتستخدم في تصنيع أكياس النفايات والأوعية الطبية والأغذية وغيرها.

٢- **البوليمرات البروتينية:** وتنتج من البروتينات وتستخدم في صناعة شبكات الدعم والتقليل من التآكل في العديد من التطبيقات مثل الأدوية والأغذية والصناعة الإلكترونية.

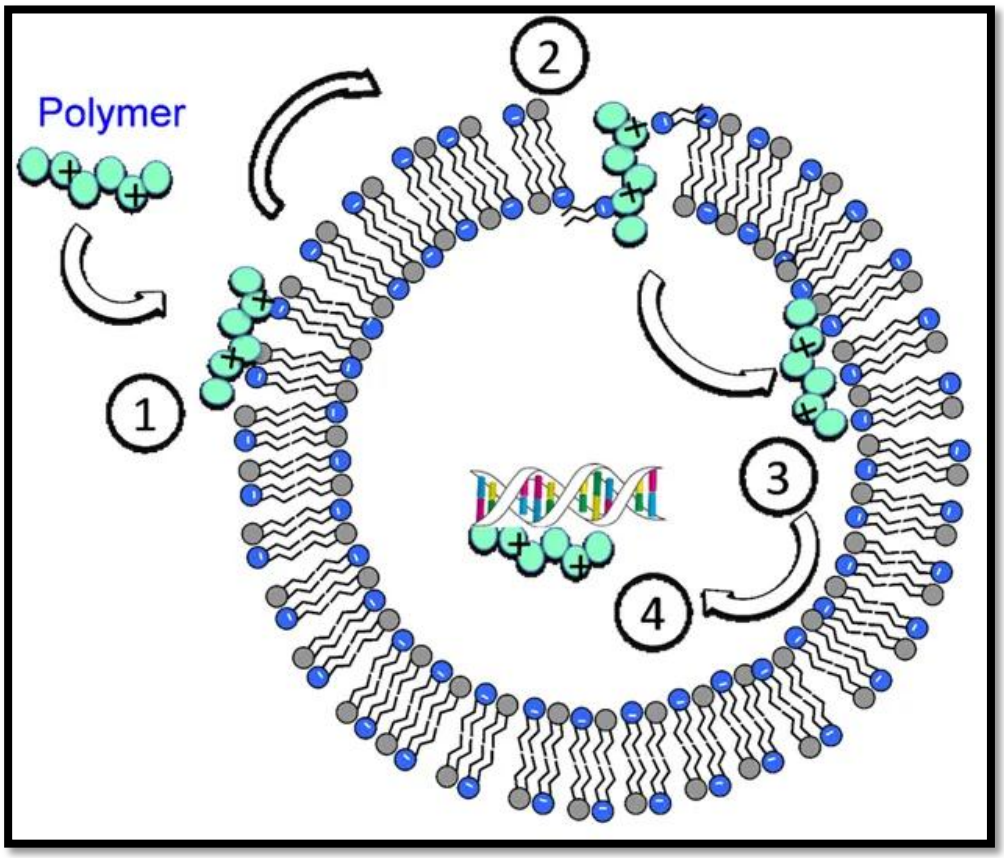
٣- **البوليمرات السكرية:** وتنتج من السكريات وتستخدم في صناعة العديد من المواد البوليمرية المختلفة، مثل أنابيب المياه والأغشية الحيوية والملابس الطبية والأطراف الصناعية.

٣- **البوليمرات الحيوية الأخرى:** وتشمل البوليمرات المستمدة من الأحماض الدهنية والتركيبات الطبيعية الأخرى، وتستخدم في صناعة الكثير من التطبيقات الحيوية، مثل الغشاء الداعم ومواد العزل الحراري والصوتي.

١٢- بوليمر صناعي ضد البكتيريا Synthetic polymer against bacteria

نجح فريق من العلماء من معهد الهندسة الحيوية والتقانة النانوية ووكالة العلوم والتقانة والابحاث وشركة (أ ب م) في إنتاج جزئ صنعي جديد يستطيع استهداف والقضاء على خمسة أنواع من البكتيريا المقاومة للعقاقير. وثبت ان هذا البوليمر الصنعي غير سام وقد يمكن من إنتاج طائفة جديدة من العقاقير التي تعالج مشكلة البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية [30] .

تسمى هذه الجزيئات الجديدة البوليكاربونات الفعالة وهي قابلة للتحلل وعديمة الضرر على الخلايا البشرية.



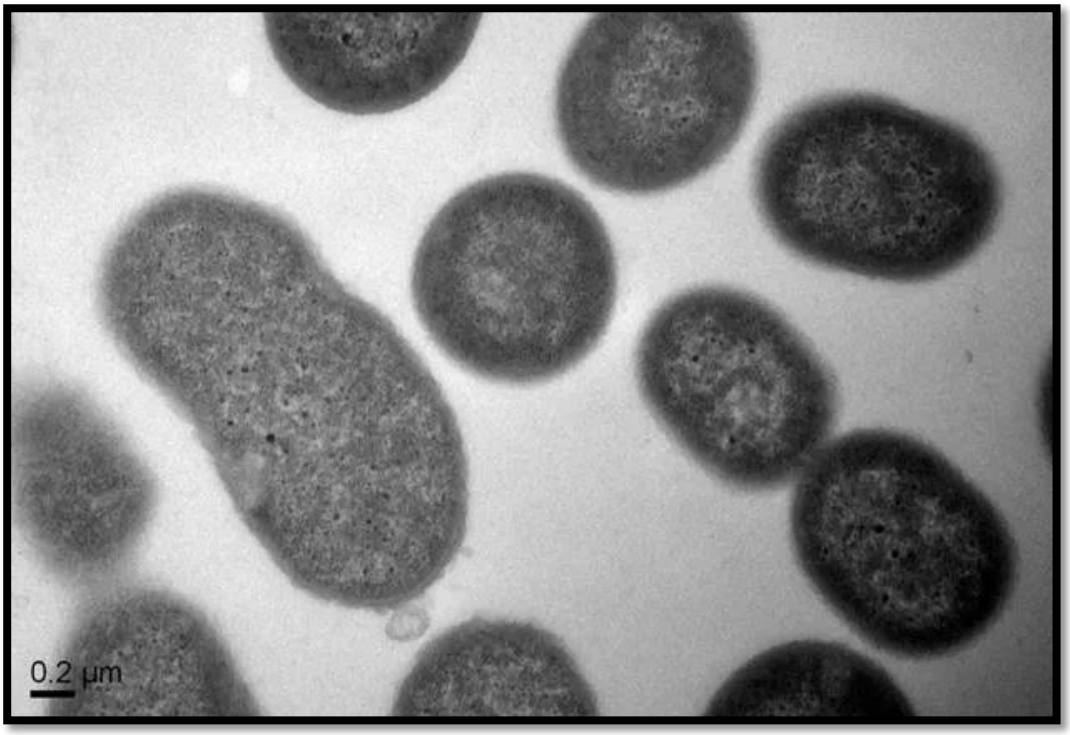
الشكل (٣) يوضح دخول بوليمر صناعي ذو شحنة موجبة الى جسم حي [30] .

ويوضح الشكل (٣) أعلاه دخول البوليمر الصنعي ذو الشحنة الموجبة إلى الجسم الحي ويتحد ببعض الخلايا البكتيرية عن طريق الركون إلى أغشية بكتيرية ذات شحنة سالبة. يعبر البوليمر بعد الإلتصاق بالبكتيريا غشاء الخلية ويقدح تجمد البروتينات والحمض النووي في الخلية وبالتالي يقتل البكتيريا.

يقول الاطباء برهنا على فعالية أول مثل لجزئ صنعي قابل للتحلل ويمتلك نشاطاً مضاداً للبكتيريا عريض الطيف على الفئران حيث ثبت سلامته وألية عمله المتفردة في القتل. عندما ينتهي البوليمر من مهمته المتمثلة بقتل البكتيريا سوف يتحلل بشكل طبيعي بعد ثلاثة أيام ولا يبقى في الجسم. ويظهر هذا العامل المضاد للبكتيريا أملاً كبيراً في معالجة ومنع الأخماج الجهازية المقاومة للعقاقير.” [31] .

نجحت الجزيئات في معظم التجارب على الفئران في القضاء على خمسة مسببات مرضية شائعة في المشافي حول العالم.

لم تظهر العملية أشارات سمية لدى الفئران كما لم تظهر البكتيريا بعد عدة علاجات أية اشارات لتطوير مقاومة للبوليمرات.



الشكل (٤) يوضح البكتيريا قبل المعالجة [32] .

عكف البحاثة منذ سنوات في شركة (ABM) على تطوير بوليمرات صنعية ذات إستخدامات طبية متعددة.

وركب البحاثة في عام ٢٠١٢ بوليمرات “النينجا” وهو ما يعني ان هذه الجزيئات الصنعية تستهدف وتقتل البكتيريا مما أفضى إلى سلسلة من الإكتشافات التي سماها الفريق “ العقاقير الجزيئية الكبرى”.

يقول جيمس هيدريك من فريق البحث في شركة (أ ب م) " أثبتنا عام ٢٠١٦ نجاح البوليمرات الصنعية في مقاومة الأمراض الفيروسية القاتلة ويتمحور بحثنا الجديد في معالجة الأخماج البكتيرية حول مقدرتنا لمعالجة طيف من الأمراض المعدية باستخدام آلية مفردة دون تطور المقاومة لها." [33] .

سوف تركز المرحلة القادمة من الأبحاث على تطوير التقانة إلى علاج محدد مضاد للبكتيريا يمكن إختباره سريرياً على البشر ويصبح بالتالي وسيلة جديدة لمعلجة الإلتهابات في الجسم.

Sources المصادر

[1] Langer R, Peppas NA. Advances in biomaterials, drug delivery, and bionanotechnology. AIChE J.2003;49(12):2990–3006.

[2] Rowe RC, Sheskey PJ, Owen SC. Handbook of Pharmaceutical Excipients. 5th ed Pharmaceutical Press; American Pharmacists Association; Grayslake, IL: Washington, D.C.: 2005. p. 850.

[3] Langer RS, Peppas NA. Present and future applications of biomaterials in controlled drug delivery systems. Biomaterials. 1981;2(4):201–14.

[4] Peppas NA. Drug delivery using smart polymers: recent advances. In: Galaev IM, Mattiasson B, editors.Smart Polymers: Applications in Biotechnology and Biomedicine. 2nd ed CRC Press; Boca Raton, FL: 2008.

[5] Crank J. The Mathematics of Diffusion. 2nd ed Oxford Univ. Press; New York: 1975. p. 414.

[6] Higuchi T. Mechanism of sustained-action medication. Theoretical analysis of rate of release of solid drugs dispersed in solid matrices. J. Pharm. Sci. 1963;52(12):114–49.

[7] Koizumi T, Panomsuk SP. Release of medicaments from spherical matrices containing drug in suspension: theoretical aspects. Int. J. Pharm. 1995;116(1):45–49.

[8] Cohen DS, Erneux T. Controlled drug release asymptotics. Siam J. Appl. Math. 1998;58(4):1193–204.

[9] Colombo P, Bettini R, Santi P, Peppas NA. Swellable matrices for controlled drug delivery: gel-layer behaviour, mechanisms and optimal performance. Pharm. Sci. Technol. Today. 2000;3(6):198–204.

[10] Korsmeyer RW, Gurny R, Doelker EM, Buri P, Peppas NA. Mechanisms of solute release from porous hydrophilic polymers. Int. J. Pharm. 1983;15(1):25–35.

[11] Zohuriaan . M.J., Pourjavadi A., Kurdtabar M., Salimi H., Polysaccharide-based superabsorbent hydrogels: A Review, *Carbohydr Polym*, submitted,(2008)

[12] JanaS., Gandhi A., Sen K.K., and Basu S.K.,(Natural polymers and their application in drug delivery and biomedical field), J. of Pharma.Sci. Tech, 1(1) : 16-27, (2011).

[13] Saunders G., and Creath B., (Biodegradable polymers analysis of biodegradable polymers Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA, (2010).

[14] Mishra S., Rani G.U. and Sen G., "Microwave initiated synthesis and application of polyacrylic acid grafted carboxymethyl cellulose", Carbohydrate Polymers87, 3, : 255-262 (2012).

[15] Jiraprasertkul W., Nuisin R., Jinsart W., and Kiatkamjornwong S., Synthesis and characterization of cassava starch graft poly(acrylic acid) and poly[(acrylic acid)-*co*-acrylamide] and polymer flocculants for wastewater treatment. *JAppl Polymer Sci* 102: 2915 –28(2006).242,(1996).

[16] Zentner GM, Rathi R, Shih C, McRea JC, Seo MH, Oh H, Rhee BG, Mestecky J, Moldoveanu Z, Morgan M, Weitman S Biodegradable block copolymers for delivery of proteins andwater-insoluble drugs. JControl Release 72:203–215(2001).

[17] Puisieux F., Barratt G., Couarraze G., Couvreur P., Devissaguet J.P., Dubernet C., Fattal E., Fessi H., Vauthier C. , Polymeric Biomaterials, Marcel Dekker Inc., : 749–794(1994).

[18] Pekarek KJ, Jacob JS, Mathiowitz E, Double-walled polymer microspheres for controlled drug release, Nature, 367258-260 ,(1994).

[19] Mi FL, Lin YM, Wu YB, Shyu SS, Tsai YH, Chitin/PLGA blend microspheres as a biodegradable drug-delivery system: phase-separation, degradation and release behavior, Biomaterials, 3257-3267,(2002) .

[20] Jones, R.T. Gelatin: Manufacture and Physio-Chemical Properties. In Pharmaceutical Capsules; Podczeck, F., Jones, B.E., Eds.; Pharmaceutical Press: London, UK, 23–60,2004;

[21] Bergo, R. A. Carvalho, A. C. , Vadala, V. C. , and Guevara P. J. ,. "Physical properties of gelatin films plasticized with glycerol, Studied Spectroscopic Methods," Materials Science Forum, 637 , : 753-758, (2010).

[22] P. J. A. Sobral, F. C. Menegalli, M. D. Hubinger and M. A. Roques, "Mechanical, Water Vapor Barrier and Thermal Properties of Gelatin Based Edible Films," Food Hy-drocolloids, Vol. 15, No. 4-6, pp. 423-432. (2001).

[23] Ali .P., Mohammad .S., Mohammad M. H., Hossein H., (Synthesis and absorbency of gelatin-graft-poly "sodium acrylate-co-acrylamide" superabsorbent hydrogel with saltand pH-responsiveness properties), J. of Polymers, 57, 1618-7229, (2006).

[24] R. A. Carvalho and C. R. F. Grosso, "Characterization of Gelatin Based Films Modified with Trans glutaminase, Glyoxal and Formaldehyde," *Food Hydrocolloids*, Vol. 18, No. 5, pp. 717-726. (2004).

[25] Ali .P., Mohammad .S., Mohammad M. H., Hossein H., (Synthesis and absorbency of gelatin-graft-poly “sodium acrylate-co-acrylamide” superabsorbent hydrogel with saltand pH-responsiveness properties), J. of Polymers, 57, 1618-7229, (2006).

[26] Kopecek J., Smart and genetically engineered biomaterials and drug delivery ystems. European Journal of pharmaceticeutical sciences, 20,.1,: 1-116(2003).

[27] Jeong B, Bae YH, Lee DS, Kim SW, Biodegradable block copolymers as injectable drug delivery systems, Nature, 388: 860-862, (1997) .

[28] Rossi S., Marciello M,, Bonferoni M.C., Ferrari F., Sandri G., DacarroC., Grisoli P., Carmella C.. Thermally sensitive gels based on chitosan derivatives for the treatment of oral mucositis. Eur JPharm Biopharm; 74: 248–254(2010).

[29] Lee J.E. , Effects of a chitosan scaffold containing TGF-beta 1encapsulated chitosan microspheres on in vitro chondrocyte culture. Artificialorgans 28 (9), :829-839,(2004).

[30] Tsai G.I., Wu Z.Y., and Su W.H., Antibactirel activity of chitosan oligosaccharide mixture prepared by cellulose digestion of shrimp Chitosan and its application to milk. J. Food Prot., 63: 747-752, (2000).

[31] Lakshmanan, V. K. , Snima , K. , Bumgardner , J. , Nair , S. and Jayakumar , R. Chitosan- based nanoparticles in cancer therapy . In: Jayakumar , R. , Prabaharan , M. and Muzzarelli , R. A., Chitosan for Biomaterials I , Berlin, Heidelberg , Spring (2011).

[32] Chen C., Liau W., and Tsai G., Antibacterial effects of N-Sulfonated and N-Sulfobenzoyl Chitosan and application to oyster preservation J.Food Prot.,61:1124-1128, (1998).

[33] Cui, Z., Mumper, R.J., Chitosan-based nanoparticles for topical genetic immunization. J. Control. Release, 75,:409–419 , (2001).