الفصل السابع

البلاستيكيات الحيوية

obeikandl.com

obeikandl.com

يلعب النفط والمخلفات النفطية دورا هاما فى الصناعات الحديثة، ويمكن القول أن حياتنا العصرية قائمة بشكل مباشر على المواد والأدوات المصنوعة من النفط ومشتقاته، وقد أسهم التقدم العلمى والتقنى فى صناعة وابتكار الكثير من المواد التى يدخل النفط بشكل رئيس فى صناعتها، كالمنسوجات والبلاستيك ومواد التنظيف والأجهزة الكهربائية والأسمدة وبعض الأدوية وغيرها الكثير من المنتجات التى أصبحنا نعتمد عليها بشكل كلى فى حياتنا اليومية.

هذه المواد والمنتجات تستهلك كميات كبيرة من النفط، حيث قدرت إحدى الدراسات التى أجريت فى الولايات المتحدة الأمريكية، إنه تم استخدام ٥ ٪ من مجمل النفط الخام فى عام ٢٠٠٧ لأغراض ليس لها علاقة بإنتاج الطاقة، وهذه الكمية تعادل حوالى مليون برميل من النفط يوميا.

ويمكن القول أن كافة المواد التى يدخل فى صناعتها مواد ومشتقات نفطية لها آثار سلبية على البيئة، حيث تسهم بشكل كبير فى زيادة التلوث بالمواد الكيميائية والتى تؤدى إلى حدوث خلل بيئى كبير، ناهيك عن السموم الثانوية الخطيرة التى تنجم عنها. من هنا فقد تنبه الكثير من الباحثين إلى ضرورة استبدال كافة المواد والمنتجات التى يدخل فى صناعتها النفط أو المخلفات النفطية، وإنتاج مواد جديدة

صديقة للبيئة ولا تتسبب فى آثار سلبية على صحة الإنسان وحياته واستقراره.

من هنا فقد ظهرت ما تعرف باسم (الكيمياء الخضراء) والتى ترتكز عليها صناعة حديثة قائمة على تصنيع وإنتاج مواد جديدة خالية من الملوثات البيئية، والعمل على استبدال المواد المشتقة من البترول بمواد أخرى طبيعية مستقاة من مواد ومنتجات زراعية كالقمح والبطاطا والبيوماس والزيوت النباتية المختلفة.

يقول فى هذا الصدد البروفيسور الأمريكى (جون وارنر) من جامعة ماساشوستس والمتخصص فى مجال الكيمياء الخضراء (إننا بحاجة لابتكار نوع جديد من التقنية، بحيث يمكننا أن نصنع منتجات من مواد طبيعية، وأن تكون هذه المنتجات مشابهة فى الخواص للمنتجات الموجود الآن والمصنوعة من مشتقات نفطية.

تعتبر المنظفات والأصباغ ومواد العناية الشخصية والشامبوهات من أكثر المواد التى ركزت عليها الكيمياء الخضراء، فهذه المواد التى يصنع عدد كبير منها من مشتقات النفط، أسهمت فى زيادة التلوث على سطح الأرض، مما استدعى إجراء وتطوير تقنيات تعتمد على تصنيع مواد جديدة من مشتقات طبيعية، ويوضح مدير شركة أورو الأمريكية لصناعة الأصباغ أن شركته تمكنت من إنتاج مجموعة متميزة من الأصباغ من زيوت طبيعية منذ سنوات وتم إلغاء كافة المواد النفطية التى تدخل فى صناعة مثل هذه الأصباغ، ويوضح أن منتجاتهم الجديدة صديقة للبيئة.

أما فى مجال المنظفات المنزلية والتى بدأت فى الظهور وبشكل حاد فى أعقاب الحرب العالمية الثانية والتى استخدمت فى صناعتها المشتقات النفطية، فإنه قد تم تطوير منتجات جديدة من قبل شركة Seventh Generation المتخصصة فى مجال صناعة المنظفات الخالية من المواد النفطية، ويوضح مدير قسم الإنتاج والتكنولوجيا فى هذه الشركة بقوله: إن منتجاتهم قائمة على الدهون الحيوانية والنباتية، حيث استخدمت كأساس لصناعة الصابون وبقية المنظفات.

إن مثل هذه الأفكار والصناعات الرائدة ، قادت الكثير من الباحثين إلى تطوير الكيمياء الخضراء وابتكار تقنيات جديدة لاستبدال المواد البلاستيكية المعروفة حاليا، وقد بدأت المحاولات الأولى فى أربعينيات القرن الماضى، لكن نظرا للثورة النفطية التى شهدها النصف الثانى من القرن الماضى، وزيادة الطلب وبشكل حاد على المواد البلاستيكية واللدائن، فقد تأخر ظهور ما يعرف باللدائن الطبيعية، وخصوصا أن البلاستيك التقليدى الذى يدخل فى صناعته مشتقات نفطية يمتلك خواص فيزيائية وكيميائية متميزة، من أهمها الثبات والديمومة والقوة والمتانة وغيرها الكثير من الخواص التى تجعل عملية استبدال البلاستيك التقليدى بآخر مصنوع من مواد طبيعية أمرا صعبا.

لقد أسفرت التجارب التى قام بها البروفيسور جيفرى كوكس وزملاؤه من الباحثين المختصين فى مجال اللدائن الخضراء بجامعة كورنيل الأمريكية، عن إنتاج أنواع خاصة من اللدائن الطبيعية مكونة من مزيج من بروتينات فول الصويا والألياف الطبيعية، كما أجريت تجارب أخرى فى جامعة ماساشوستس لإنتاج لدائن طبيعية من نبات القمح وهذه المنتجات الجديدة يتم معالجتها بالأشعة فوق البنفسجية من أجل تقويتها وإكسابها صفة الديمومة التى تتمتع بها المنتجات البلاستيكية التقليدية.

البلاستيكيات الحيوية

سيكون من الصعب جدا محاولة تخيل حياتنا بدون البلاستيك فهو يستعمل تقريبا فى كل القطاعات الصناعية فى العالم من السيارات إلى الطب، الصيدلة، الزراعة، الصناعات الغذائية، الأدوات المنزلية، المواسير إلخ. ولتصور حاجة العالم الماسة إلى البلاستيك لك أن تتصور أن حجم إنتاجه فى العام الواحد يتعدى الخمسة وسبعون بليون رطل، خمسين مليون طن منها تنتج فقط فى الولايات المتحدة.

وترجع تسمية المواد البلاستيكية بهذا الاسم إلى قابليتها للتشكيل أو القولبة عند التسخين أو الضغط أو الاثنين معا ولا يتغير شكلها عند زوال هذه المؤثرات؛ ومن

ثم يمكن استخدامها فى أغراض مختلفة ومما يميز تلك المواد ويزيد انتشاره أنها:

- رخيصة الثمن
- خفيفة الوزن
- مقاومة للتآكل
- سهلة التشكيل
- عازلة للحرارة والكهرباء
- عالية الصلابة

وعلى الرغم من المزايا العديدة التى ذكرت وأكسبت المواد البلاستيكية مكانة مرموقة فى مجالات الحياة المختلفة، إلا أن لهذه المواد أثرا واضحا فى تلوث البيئة يرجع لعدة عوامل منها:

- تصاعد الأبخرة والغازات والعوالق الصلبة الخانقة والسامة عند صناعة البلاستيك وحرق مخلفاته.
- صعوبة تحلل هذه البلاستيكات ذات الوزن الجزيئى الكبير أكثر من ١٥٠٠٠٠ وحدة وكذلك البوليمرات المحتوية على المركبات الكيمائية المثبتة لها مثل ثنائى وثلاثى فوسفات الرصاص القاعدي.
- التزايد المستمر فى حجم صناعة المواد البلاستيكية بأنواعها وأشكالها وأحجامها المختلفة وما ينتج عنه من مخلفات كثيرة ومتنوعة.

طرق التخلص من المخلفات البلاستيكية:

ويمكن التخلص من النفايات البلاستيكية بثلاثة طرق هي:

- الطمر تحت سطح الأرض.
- الحرق فى محارق خاصة للاستفادة من الطاقة الناتجة.

obeikandi.com

- إعادة التدوير والتشكيل مرة أخرى.

وكل هذه الطرق تعانى من كثير من القصور فطريقة الحرق ينتج عنها إنبعاثات وغازات سامة وطريقة إعادة التشكيل والتدوير هى أيضا بها بعض العيوب حيث تتغير الخواص الفيزيائية والكيمائية لهذه البلاستيكيات مما يؤثر سلبا على تصنيعها بالإضافة إلى أنه يعتبر حلا مؤقتا وليس حلا نهائيا. ولذلك فإن تصنيع منتجات حيوية صديقة للبيئة مثل البلاستيك الحيوى يعتبر أحد الحلول الحقيقية التى يمكن أن تساعد على تقليص مشكلة التلوث بالمخلفات البلاستيكية عديمة التحلل البيولوجي.

أنواع البلاستيكيات الحيويـة :

١ـ *البلاستيكيات المتحللة ضوئياً*: وتعتبر البلاستيكيات المتحللة ضوئيا من المواد الحساسة للضوء وبالتحديد الأشعة الفوق بنفسجية فعند تعرضها لهذه الأشعة لفترات تتراوح بين عدة أسابيع وأشهر تتفكك الروابط الكيمائية المكونة لهذه المواد إلى مواد أولية بسيطة ولكن من عيوب هذه المواد أنها لا تحلل بالضوء العادى (ضوء الشمس) وتحتاج لمصدر دائم للأشعة الفوق بنفسجية والتى تعتبر خطيرة جدا على صحة الإنسان فالتعرض لهذه الأشعة لفترات طويلة يعتبر من أقوى مسببات مرض السرطان.

٢ـ *البلاستيكيات نصف المتحللة بيولوجيا*: ومن أمثلتها تهجين النشا (بوليمر حيوي) مع بوليمرات مشتقة من منتجات البترول مثل البولى إثيلين والبولى بروبلين حيث أن مخلفات هذه المواد يتحلل فيها النشا فقط بواسطة البكتيريا أما الجزء الأخر المعتمد على مشتقات البترول فغير قابل للتحلل وهذه الطريقة تعتبر حلا جزئيا.

٣ـ *البلاستيكيات كاملة التحلل البيولوجي*: والنوع الثالث من البوليمرات الحيوية فهو كامل التحلل البيولوجى وهو طبيعى ١٠٠٪ ولا تدخل به

obeikandi.com

مركبات كيمائية سابقة التصنيع ومن أمثلته البوليهيدروكسى الكلونات والبولى لاكتات والبولى إيسترات والبوليمرات الحيوية الأليفاتية وعديدى السكريات وغيرها من الأنواع والأشكال التى يتم إنتاجها بواسطة أنواع من البكتريا والفطريات والنباتات.

البكتريا المنتجة للبوليمرات الحيويـة :

عديد من الأنواع البكتيرية السالبة أو الموجبة الجرام (على الأقل ٧٥ نوع مختلف) قادرة على إنتاج وتصنيع البلاستيكيات الحيوية فى خلاياها بأشكال وأنواع متعددة. هذه الأنواع البكتيرية قادرة على تخزين البلاستيكيات الحيوية لحد قد يصل فى بعض الأحيان لأكثر من ٩٠٪ من وزن خلاياها الجافة تحت ظروف من الإجهاد الغذائى وزيادة فى عنصر الكربون فى البيئة المغذية كمصدر للكربون والطاقة. وتم حصر ما يزيد على ١٠٠ نوع من البلاستيكيات الحيوية تنتجها البكتيريا وهذا بكل تأكيد يوسع مدى الاستفادة من هذه المركبات الحيوية فى أغراض متعددة.

الوحدات الأولية المكونة للبوليمرات الحيويـة :

البوليمرات الحيوية البكتيرية لها من الصفات والمميزات ما أهلها عن جدارة أن تكون بديلا أمنا للبوليمرات الكيمائية المصنعة من مشتقات البترول كالبولى إيثيلين والبولى بروبلين. فتتميز الوحدات الأولية المكونة للبوليمرات الحيوية بأنها:

- ذات وزن جزيئى عالى يتراوح بين ٥٠٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠٠ وحدة.
- درجة البلورية بها مرتفعة وتتراوح بين ٥٥-٨٠٪ .
- درجة حرارة ذوبانها تتعدى ١٧٠ درجة مئوية.
- لها مقاومة عالية للرطوبة فهى غير قابلة للذوبان فى الماء.
- لها صفات ميكانيكية متميزة فمقاومتها للشد تصل إلى ٤٠ ميجا باسكال.

ويعتبر البولى هيدروكسى بيوترات (بي. أتش. بي) من أكثر البوليمرات الحيوية

البكتيرية شيوعا وتم دراسته بشكل مستفيض فى عدد كبير من معامل العالم. وهذا النوع من البوليمرات الحيوية أمكن إنتاجه بتكاليف إنتاج منخفضة التكاليف مقارنة بغيرة من البوليمرات الحيوية الاخرى ومن أمثلة العناصر الغذائية منخفضة التكاليف المستخدمة فى إنتاجه: السكروز، النشا، الميثان، اللجنين، المولاس وشرش اللبن.

كيف ينتج البلاستيك الحيوى داخل الخلايا البكتيريـة :

منذ العام ١٩٨٧ بدأت دراسات مكثفة فى عدد كبير من معامل الجامعات ومراكز البحوث المختلفة على مستوى العالم لدراسة وكشف غموض الطريقة الحيوية التى يتم من خلالها تكوين أو تصنيع هذه البوليمرات الحيوية داخل الخلايا البكتيرية ومع تطور طرق وأساليب كلا من علم البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية تم التوصل إلى أن هذه البوليمرات الحيوية تنتج فى الخلايا البكتيرية من خلال ثلاث خطوات رئيسية:

الأولي: يتم فيها استخدام إنزيم الثيولاز (يفرز تحت تأثير جين بى أتش بى أ) ليعطى أول لبنة فى البوليمر الحيوي.

الثانية: يتم فى هذه المرحلة تحويل اللبنة الأولى المتكونة فى المرحلة السابقة إلى الشكل قبل النهائى للبوليمر الحيوى بمساعدة إنزيم الدهيدروجيناز (يفرز تحت تآثير جين بى أتش بى ب).

الثالثة: وفيها يقوم إنزيم البوليمراز (يفرز تحت تآثير جين بى أتش بى سي) بإعطاء الشكل النهائى للبوليمر الحيوي.

ويتكون البوليمر الحيوى داخل سيتوبلازم الخلايا كحبيبات يمكن مشاهدتها تحت الميكروسكوب الضوئى كنقاط ضوئية منعكسة والتى أحيانا تكون بلورية وقد تكون أحيانا أخرى لاهى بلورية ولا هى حبيبات ولكن فى صورة مستحلب أبيض اللون.

وقد لوحظ باستخدام الميكروسكوب الالكترونى أن حبيبات البوليمرات الحيوية فى الخلايا البكتيرية الحية تكون محاطة بغشاء مختلف فى شكله تماما عن بوليمرات الجدر الخلوية للخلايا البكتيرية والذى يتكون كما أشارت دراسات علمية عديدة من الدهون الفوسفاتية والبروتين. والبروتينات بالذات عادة ما توجد على أسطح حبيبات البوليمرات الحيوية وهى ما يطلق علية الفازين.

وقد أمكن حساب قطر الحبة الواحدة من البوليمرات الحيوية داخل الخلايا ووجد أنه حوالى ٩٧٠ نانوميتر وكثافته ١،٢/ سم^{٣} ومحاطة بدهون فوسفاتية كثافتها ٣،٥ نانوميتر. مع العلم أن المواد المترسبة على أسطح حبيبات البوليمرات الحيوية مثل الدهون الفوسفاتية والفازين يمكن إزالتها والتخلص منها بعديد من المذيبات العضوية.

الظروف البيئية التى تؤثر على تكون البلاستيكيات الحيويـة :

فى العموم الظروف البيئية المحيطة بالبكتيريا (البيئة المغذية) يمكن أن تحدد نوع وشكل وكمية البوليمر الحيوى المنتج منها. فنجد أن نقص تركيز أو غياب أحد العناصر المغذية قد يؤدى إلى تغيير كبير فى شكل ونوع البوليمر وعادة فى ظروف نقص عنصر النتروجين وزيادة عنصر الكربون فى البيئة المغذية يؤدى إلى زيادة فى كمية البوليمر الناتج من البكتيريا ولذلك قد يستخدم البوليمر كمؤشر على حالة البيئة الغذائية إذا كانت غنية فكميتة تكون قليلة والعكس صحيح وقد وجد أيضا أن التركيزات المنخفضة من عناصر الكالسيوم والكوبالت والنحاس والصوديوم والزنك ليس لها تأثير على تكوين البوليمرات الحيوية وخاصة فى الأنواع البكتيرية التابعة لجنس السيدوموناس.

التطبيقات العملية للبوليمرات الحيويـة :

البوليمرات الحيوية تتميز عن البلاستيكيات المصنعة من مشتقات البترول بأنها:

- غير سامة ومتوافقة بيولوجيا مع كل الكائنات الحية

obeikandl.com

- كاملة التحلل البيولوجى
- وتتميز بصفات بلاستيكية مهمة مثل:
- ارتفاع درجة البلمرة
- وعدم القابلية للذوبان فى الماء

ولذلك فإن هناك مدى واسع لتطبيقات هذه البوليمرات فهى تستخدم في:

- التعليب وخاصة المواد الغذائية
- كما تستخدم كغطاء خاص لبعض الأوراق بالإضافة إلى الأغراض التقليدية التى تستخدم فيها البلاستيكيات العادية
- وحديثا تم استخدام المواد البلاستيكية الحيوية فى تصنيع حوامل المواد الفاعلة لكثير من الأدوية والكسترات الطبية وخيوط العمليات الجراحية والعظام الصناعية وهندسة الأنسجة.
- كما تستخدم البوليمرات الحيوية بنسب معينة كأحد المواد الخام الداخلة فى صناعة الأصباغ والبويات

اقتصاديات إنتاج البلاستيكيات الحيوية :

تتوقف عملية إنتاج البلاستيكيات الحيوية فى المخمرات البكتيرية الكبيرة (إنتاج على المستوى الصناعى والنصف صناعي) على تكاليف المواد الخام الغذائية (مكونات البيئة المغذية) والكمية المنتجة من البوليمر الحيوى والذى يقاس بكمية كبيرة من البوليمر منسوبة إلى الوزن الجاف للخلايا بالجرام المنتج لكل وحدة حجم ووقت.

ويرجع عدم انتشار استخدام البلاستيكيات الحيوية على نطاق عالمى واسع حتى الآن إلى ارتفاع تكاليف إنتاجه فنجد أن الكيلو جرام الواحد منه يباع بما قيمته ١٦ دولار أمريكى والذى يرتفع ١٨ مرة عن البولى إيثيلين. وباستخدام أساليب الهندسة الوراثية أمكن تخفيض سعره إلى ما يقارب ٥ دولار لكل كيلو جرام وما زال العمل مستمرا لتخفيض سعره أكثر من ذلك.