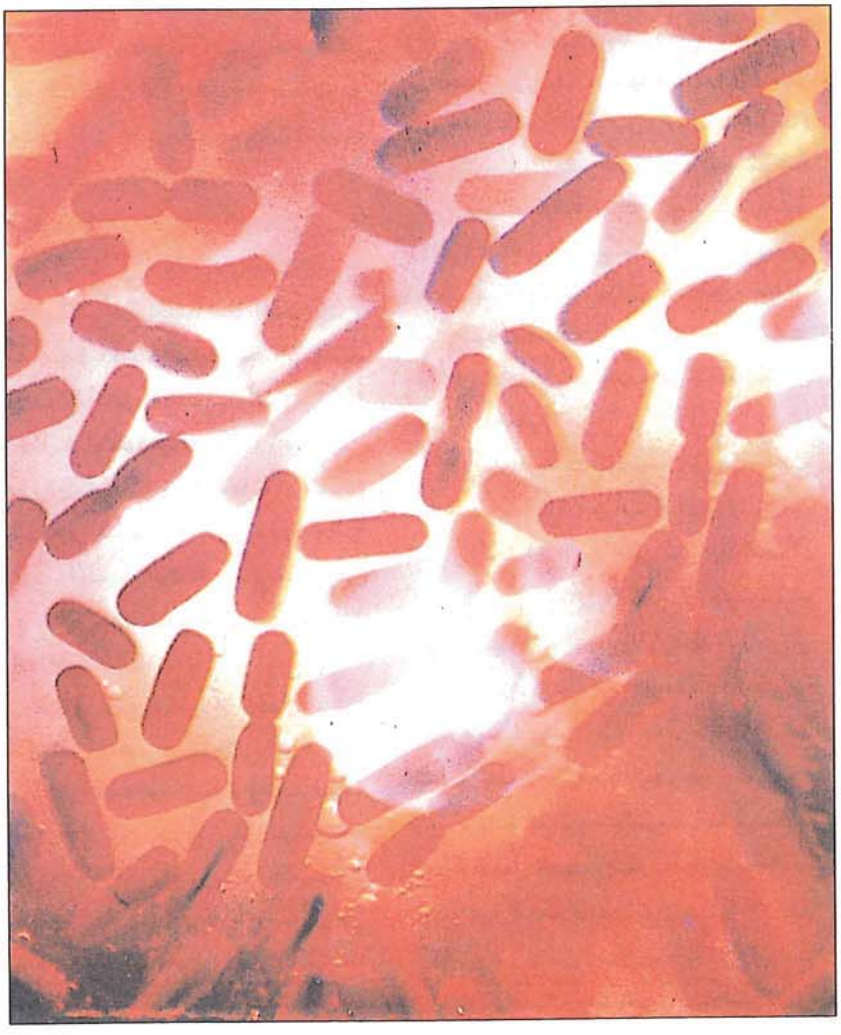
آليـــة تفـاعـــلات الكائنـات الدقيقـة في الصناعـة

إعداد : د. عبـد الحكيـم بـدران

إن ما يعـد نافعـا من الكائنات الـدقيقة هي أعداد قليلـة جدا تسـاعد في تصنيع بعض المواد المفيـدة التي لايمكن الحصـول عليهـا عمليا بطـريقـة أخرى أقل تكلفة ، وتستنبت هذه الكائنات الدقيـقة النافعـة من أجل زيادة الخلايا نفسها للحاجة إليها كما في حالة خميرة الخبز ، ولكن غالبا ما تكون المادة المرغوبة هي ما تنتجه هذه الخلايا الميكروبية كالكحول مثلاً .



مجموعات الكائنات الدقيقة

تحتـاج الكائنـات الـدقيقـة الصناعيـة لوسط عضـوي حتى تنمو وتتكـاثر ، وهي تنقسم حسب حـاجـات البيئـة الى ثـلاث مجموعات هي :-

١ - مجموعـة هوائية صرفة تقوم بوظائفها الحيوية وتنمو فقط في وجود الهواء .

٢ - مجموعـة غـير هوائية صرفـة تقـوم بوظـائفها في غيـاب الأكسجـين ، بـل إنهـا تصاب بالضرر في حالة وجـوده .

٣ - مجمـوعة تضم الكـائنات الإختبـارية القـادرة على أن تحول آليـاتها الأيضيـة من آليـة هـوائيـة (تتنفس الهواء) إلى آليـة غير هوائيـة (تخمرية) ويتـوقف ذلك على البيئة التي توجد فيها .

الأيـــض اللاهـــوائـــي

عـادة ما يكـون الأيض اللاهـوائي أقل فـاعليـة من الأيض الهوائي حيث لا تستغل فيه كل الطاقة الموجودة في الوسط العضوي (السكـــر على سبيل المثـال) لأن عمليـــة الأكسـدة (التخمـر الـلاهـوائي) تكـون معتـــدلـــة حيث تـــؤدي إلى نـــواتج يمكن الإستفادة منها ، فهي تنتج الكحول الإيثيلي على سبيل المثـــال بـــدلا من تحويل مـــادة الوسط إلى ثاني أكسيد الكربون والماء اللذان ينتجان خلال عمليات الأكسـدة القوية. وقد تسير عمليات التخمر في مسـارات مختلفة ، فعلى سبيل المثـال يمكن أن تخمِّـر الخميرة السكـر الآحـادي ســداسي الكـربـون مثل الجلكـوز أو الفـركتوز إلى الكحـول وثـاني أكسيـد الكـربـون ، وتعطي بعض بكتيريـا حـامض اللاكتيك مسـارا متجانسـا تحوِّل فيه الجلوكوز إلى حامض اللاكتيك والكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكـربون ، كما تحوِّل أنواعـا أخـــرى مـن البكتيريـا الجلوكـــوز إلى خليط من الأسيتـــون والإيثـــانـــول والإيزوبروبانول والبيوتانول .

الأيـض الهوائـي

يساعد النمو الهوائي بعض الكائنات على أكسدة أجزاء معينة في الوسط العضوي ، وتنطلق بذلك كمية عالية من الطاقة تؤدي إلى تحويل الكمية المتبقية من الوسط إلى كتلة خلوية كما في حالة إنتاج خميرة الخبز أو البروتين الميكروبي . ويعد النمو الهوائي هو النمو الأفضل لأن الوسط العضوي فيه يُستهلك استهلاكا كاملا عن طريق التنفس .

تنظيم التفاعلات الميكروبية

يمكن أن تنتج الكائنات الهوائية في بعض الحالات مركبات عضوية نافعة وهي تتعامل اختياريا مع مسارات التكوين الحيوي التي تتحول من خلالها مادة التفاعل إلى آلاف من الجزيئات المختلفة التي تكوِّن الخلية الحية ، ومن المعلوم أنه في حالة الأيض العادية يُصنع كل مركب تحتاجه الخلية بكمية محددة ، ويتم ذلك عن طريق سلسلة من التفاعلات التنظيمية المحددة التي توقف صناعة المواد الوسطية (المرحلية) ونواتج المسار الأيضي حينما يصل مركب معين إلى درجة تركيز معينة ، ولقد استطاع علماء الأحياء الدقيقة أن يختاروا سلالات مطفرة تعيق هذه العمليات التنظيمية بالطريقة التي يرغبونها ، وعلى سبيل المثال فإن إنتاج الليسين ـ أحد الأحماض الأمينية العشرين التي تصنع منها الخلية ـ يتم من خلال عملية منظمة في الخلية العادية بحيث تُنتج فقط الكمية اللازمة منه لصناعة آلاف البروتينات الخلوية ، ولقد وجد أن أحد أنواع البكتيريا المطفرة يعطل الآلية التنظيمية مما يؤدي إلى زيادة إنتاج الليسين بما يفوق ٥٠ جرام في كل لتر من الوسط المغذي ، ويسمى الليسين والمواد المشابهة ذات الوزن الجزيئي الصغير والتي تعد من المكونات الأساسية لنمو الخلية موادا أيضية أولية .

المواد الأيضية الثانوية

هناك مجموعة أخرى من نواتج البكتيريا الصناعية تسمى المواد الأيضية الثانوية ، وهي مركبات لايحتاجها بناء الخلية ، وتصنع في مرحلة متأخرة من دورة النمو وذلك لأسباب مازالت غامضة، وخير مثال لها إنتاج المضادات الحيوية . ولاتلعب المواد الأيضية الثانوية دوراً مباشراً في تمثيل الطاقة ونمو الكائن الدقيق ، ولكنها تساند بقاء الكائن بإعاقة منافسيه على مكانه في البيئة نفسها .

تصنيع الإنزيمات

توجد مجموعة أخرى من المواد التي تصنعها الكائنات الدقيقة وهي مجموعة البروتينات التي تعمل كإنزيمات ، وتعتمد الكائنات الدقيقة على إنزيمات الهدم لتكسير المواد المتفاعلة المعقدة إلى جزيئات أبسط يمكن تمثيلها ، وتقوم إنزيمات البناء بالتفاعلات التي تعيد بناء الجزيئات البسيطة خطوة بخطوة لتكوِّن المواد الضرورية للأيض الخلوي وللنمو . وكما هو الحال في الأحماض الأمينية (وحدات بناء البروتين) ، فإن الخلية عادة ماتصنع الإنزيم بقدر حاجتها ، وفي هذه الحالة يمكن أيضا اختيار الكائنات التي تزيد من تصنيع الإنزيمات حينما توجد في وسط المواد الغذائية المناسبة .

من طرق زيادة تصنيع الإنزيمات عملية الحث حيث أن النموذج الوراثي لأي إنزيم يستقر سواء في كروموسوم واحد لخلية بدائية النواة أو في واحد من كروموسومات الخلية مميزة النواة . ويكون المورث التركيبي الذي يبرمج تصنيع الكثير من الإنزيمات عادة غير نشط في غياب الوسط الذي يتفاعل فيه الإنزيم ، أما إذا أضيفت مادة التفاعل أو ما يشابهها إلى الوسط فإن التركيبة الوراثية تنشط ويصنع الإنزيم . وفي بعض الحالات يكون عامل الحث هو ناتج التفاعل الذي يحفزه الإنزيم ، وعلى سبيل المثال فإن سكر المالتوز ـ مادة وسطية في تمثيل السكر ـ يمكن أن يحث فطر الاسبيرجلس (Asperigallus niger) ليبدأ في تصنيع إنزيم الجلوكوميليز الذي يكسر سلسلة السكر في النشا ليعطي الجلوكوز . وعلى الرغم من أن الوسط الذي يعمل فيه الجلوكوميليز هو النشا ، إلا أن تأثير وجود النشا في الوسط لايبدأ قبل عملية الحث لتكوين الإنزيم ، وينتج من ذلك أن بعض المواد الشبيهة أو غير النشطة يمكن أن تكون عوامل حث قوية .

التثبيط الهدمي

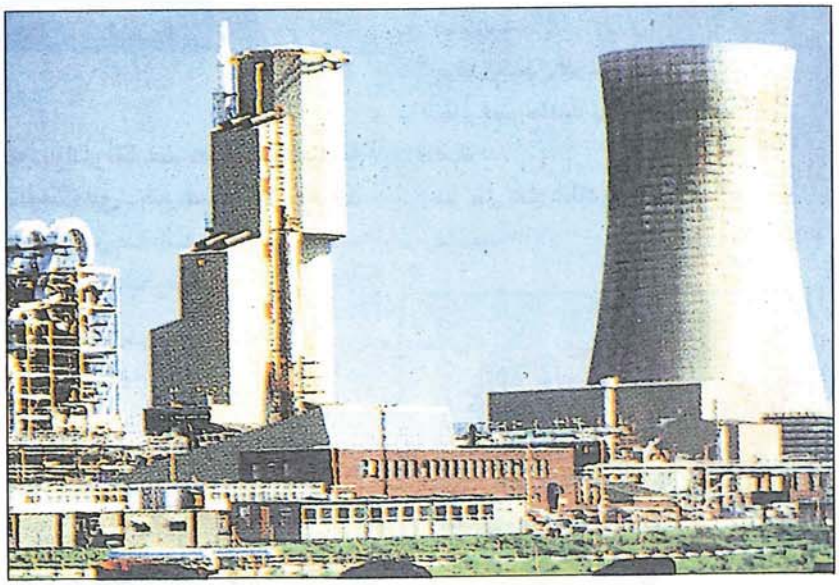
يمكن الحصول على كميات كبيرة من بعض إنزيمات الهدم ذات الأهمية الصناعية مثل الأميليز (هاضم النشا) والبروتيز (هاضم البروتين) بوساطة الكائنات الدقيقة بعد أن يتم التغلب على ظاهرة تسمى التثبيط الهدمي ، والتي تحدث حينما تكسرً نواتج التفاعل عوامل الحث ، وفي هذه الحالة تساعد تغذية وسط التفاعل بعامل الحث ببطء على زيادة تكوين الإنزيم المطلوب .

تتكون إنزيمات التخمير بطريقة بنائية عادية بينما تتكون إنزيمات التنفس من خلال عمليات الحث التي سبق ذكرها ، كذلك توجد إنزيمات التخمير في سيتوبلازم الخلية بينما توجد إنزيمات التنفس في العضيات التي تسمى الأجسام السبحية (الميتوكوندريا) . وقد تتعرض إنزيمات التنفس للهدم بوساطة الجلوكوز ، لذلك إذا أريد زيادة الكتلة الخلوية كما في حالة خميرة الخبز لابد من تغذية الوسط الذي تنمو فيه الخميرة بمحلول سكر لايزيد تركيزه عن بعض أجزاء عشرية من الواحد في المائة ، والسكريات الوحيدة التي يمكن

تخميرها هي الأحادية سداسية الكربون (بوليمرات هذه السكريات) ، وتكسرّ هذه الأخيرة بوساطة إنزيمات معينة إلى سكريات أحادية .

تفاعلات الخميرة

تختلف تفاعلات الخميرة تبعا لنوع الخميرة المستخدم ، فبعضها يعمل على مركبات قليلة بينما يعمل البعض الآخر على مركبات كثيرة ، وعلى سبيل المثال تساعد



● مصنع لإنتاج البروتين من المواد الهيدروكربونية بوساطة الكائنات الحية الدقيقة .

قدرة تمثيل خميرة كانديدا (Candida utilis) لسكر البنتوز الخماسي والزيلوس والأربينوز على النمو على نفايات صناعة الورق المائية التي تحتوي على الكبريتيت .

تستطيع أنواع أخرى من الخميرة أن تمثل الهيدروكربونات التي يتراوح طولها ما بين ١٠ إلى ١٦ ذرة كربون ، كما يمكن أن تنمو على البترول النقي حيث تبدأ بتحويل الهيدروكربون إلى أحماض دهنية تتكسر بوساطة عملية أكسدة خاصة لتعطي إنزيما مهما هو Acetyl coenzyme والذي يتحول في النهاية إلى مادة خلوية . وهناك تفاعل صناعي آخر هو تمثيل الميثانول بفضل عملية أيضية تتضمن عضيات تسمى الأجسام الدقيقة ، وتستخدم الخميرة التي تنمو بهذه الطريقة كبروتين يضاف إلى أعلاف الحيوانات.

تمثيل النيتروجين

تحوِّل معظم أنواع الخميرة النيتروجين غير العضوي إلى بروتين وأحماض نووية ، ويمكن أن تمثل بعض الأنواع الأخرى النيتروجين وهو على هيئة أيون الأمونيوم $(NH_4)^+$ أو على هيئة نترات $(NO_3)^-$ ، وقد تم استغلال قدرة الخميرة على تمثيل النيتروجين غير العضوي وتحويله إلى بروتين خلوي في تصنيع نوع من البروتين يسمى البروتين وحيد الخلية ، ويمكن استخدامه كمادة إضافية في غذاء الإنسان والحيوان .

تفاعلات الفطريات

تتشابه الإحتياجات الغذائية للفطريات مع تلك التي وصفناها للخمائر فيما عدا التنوع الكبير في الأوساط العضوية التي يمكن أن تمثلها ، وعلى سبيل المثال لاتنمو الخمائر على السليلوز أو اللجنين ، بينما تستطيع الفطريات فعل ذلك . وتستطيع الخمائر القيام بالتخمير اللاهوائي للسكر منتجة الكحول الإثيلي ، بينما تكون الفطريات فيما عدا قلة نادرة منها هوائية بحتة . من ناحية أخرى تستطيع الفطريات أو الخمائر تمثيل النيتروجين العضوي أو اللاعضوي ، بينما لايستطيع أي منهما تمثيل النيتروجين الجوي كما تفعل البكتيريا . وتحتاج الفطريات إلى مصدر للمعادن المختلفة خاصة الفوسفات والكبريتات وأملاح البوتاسيوم والمغنسيوم ، كما تحتاج أيضا إلى عدد من العناصر النزرة على هيئة أملاح مثل البورون والمنجنيز والنحاس والموليبدنم والحديد والزنك ، وهي أملاح ضرورية لقيام الإنزيمات الأيضية بوظائفها بطريقة صحيحة ، كذلك تحتاج الخمائر إلى متطلبات شبيهة .

تفاعلات البكتيريا

فيما يختص بالبكتيريا يمكن الإشارة فقط إلى أهميتها الحيوية ، وتتلخص في أن بعض أنواعها يمكن أن يثبت نيتروجين الجو بتحويله إلى نيتروجين عضوي ، وتقوم بهذه العملية البكتيريا التي تعيش حرة في التربة أو في ثآليل جذور البقول ، ويكرس العلماء الآن جهودهم للبحث عن المورثات المسؤولة عن عملية التثبيت هذه من أجل نقلها إلى النباتات التي تحتاج إلى التغذية بالنيتروجين عن طريق المخصبات الإصطناعية .

استخدام أنسجة الثدييات

نجحت التجارب في تربية خلايا وأنسجة الثدييات واستخدامها في تحضير الأمصال وفي توليد بعض البروتينات كالانتيروفيرون والأجسام المضادة وحيدة النسل ، وقد ساعد استخدام خلايا الثدييات في فصل المواد (الأثولين) التي تحتويها البكتيريا المتكونة بإعادة تكوين الحامض النووي (DNA) عن البروتين البكتيري ، هذا وقد ساعدت تجارب تربية خلايا الثدييات في أبحاث تقوية مناعة الأجسام الحية ومعالجة مرض السرطان .