

Industrial Microbiology

مكروبيولوجيا صناعية

المعمل الثامن

By: Aljawharah Alabbad

2025

إنتاج الإنزيمات

Enzymes Production

- تعرف الإنزيمات بأنها **مواد بروتينية** تفرز بواسطة الكائنات الحية وتختص بعمليات كيميائية حيوية محددة.
- توجد في جميع الكائنات الحية البدائية والراقية، وهي ذات أهمية في الصناعة التخمرية حيث أن التخمر ما هو إلا **نتيجة نشاط الإنزيمات** التي تفرزها الكائنات الدقيقة.
- **يمكن الحصول على الإنزيمات صناعياً من ثلاث مصادر رئيسية :**
 - النباتات الراقية ← انزيم دياستيز المولت .
 - الحيوانات ← البيسين والترسين .
 - الكائنات الدقيقة ← السليوليز، الأميليز، البكتينيز، البروتينيز والليباز.

- إنتاج الإنزيمات من النباتات الراقية أو الحيوانات غير مجدي اقتصادياً، حيث تحتاج إلى مساحات شاسعة لزراعة هذه النباتات أو تربية الحيوانات.
- لذلك يعد إنتاج الإنزيمات بواسطة الكائنات الدقيقة ذو أهمية اقتصادية، حيث أمكن عزل العديد من الإنزيمات سواء من البكتيريا، الفطريات أو الخميرة. و من ثم دراسة الظروف الملائمة لنشاطها سواء كانت درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، الرطوبة، التهوية، المثبطات وغير ذلك من العوامل المؤثرة على هذا النشاط للوصول إلى أمثل الظروف للحصول على أعلى إنتاج الإنزيم.

لماذا الكائنات الدقيقة أفضل مصدر للإنزيمات؟

غنية بالعديد من الإنزيمات، ويمكن تحفيز إفرازها من خلال التحكم في الظروف البيئية المثالية لإنتاجها.

سرعة الإنتاج نتيجة لمعدل التكاثر السريع للكائن الدقيق.

انخفاض التكاليف، كما أنها لا تحتاج لمواسم معينة كما في النباتات التي تزرع حسب الموسم الزراعي المناسب لها.

من أهم الكائنات الدقيقة التي تستخدم في إنتاج الإنزيمات على نطاق تجاري *Clostridium sp.* ، *Bacillus subtilis* ، *Aspergillus sp*، *Penicillium sp.* and *Mucor sp.* كما توجد بعض الخمائر التي يمكن استخدامها في إنتاج الإنزيمات.

يمكن تقسيم الإنزيمات إلى مجموعتين

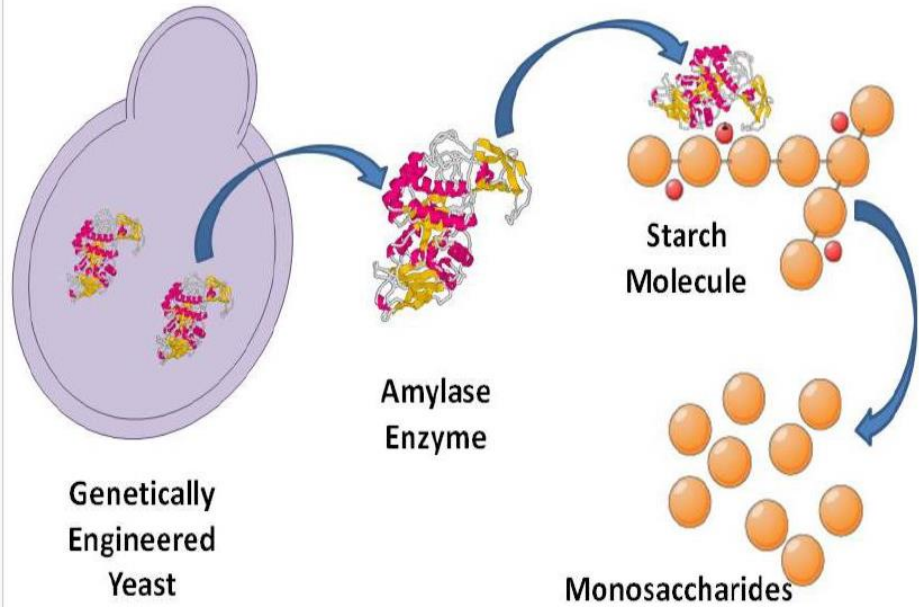
إنزيمات داخلية تفرز داخل الخلايا في
السيتوبلازم

يجب طحن الخلايا أو تحليلها لتحرير الإنزيم ثم يفصل بالطرق المعتادة.

إنزيمات خارجية تفرز خارج الخلايا في وسط النمو

تجرى عملية طرد مركزي للتخلص من الخلايا المعلقة ثم يفصل الإنزيم من المحلول الرائق بالترسيب.

إنتاج الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات



- إنزيمات خارجية يفرزها الكائن الدقيق في وسط النمو.
- ينتج الإنزيم بواسطة عدد كبير من الكائنات الدقيقة .
- تتميز الإنزيمات بتخصصها على المادة التي تحللها ، ومن أهمها الأميليز، دكستريينيز، السليوليز، المالتيز، الأنفرتيز والأنيوليز.
- من أهمها **صناعياً الأميليز، الدكستريينيز والمالتيز** .
- تعتمد **كمية الإنزيم المنتجة** على السلالة المنتجة، تركيب الوسط و ظروف النمو.

١. إنزيم الأميليز

• آلية نشاط إنزيمات الأميليز تسلك نمطين:

- يحلل الفا الأميليز النشا جزئياً ← إلى الدكسترين .

- يحلل بيتا الأميليز النشا ← إلى مالتوز .

• تحتوي إنزيمات الأميليز الناتجة من الحبوب المنتجة عادة على كلا النمطين.

• تنتج أنواع من البكتريا الألفا أميليز فقط, لذلك فإن الإنزيم الناتج يكون صالحاً في **حالة تحليل النشا إلى دكسترين.**

• في حين تنتج الفطريات البيتا أميليز .

١. إنزيم الأميليز

- ومن أنواع البكتيريا المنتجة للإنزيم:

Clostridium acetobutylicum, Pseudomonas saccharophila, Actinomyces sp.,

Bacillus subtilis

- هناك أنواع عديدة من الفطريات تستخدم لإنتاج الإنزيم منها:

Penicillium notatum, Monilia sp., Mucor sp., Rhizopus sp., Aspergillus niger

- تختلف المواد الخام المستخدمة في الإنتاج حيث يمكن استخدام الأرز، و أنواع من الحبوب كالذرة والقمح.

الطريقة السطحية:

تستخدم فيها الفطريات مثل فطر *A. oryzae* حيث تنقع ردة القمح في الماء أو الحمض المخفف مثل HCl بنسبة 1:2، ويتم تعقيم الردة بواسطة دفع تيار من البخار مباشرة في الوسط الغذائي لمدة 30 دقيقة مع الرج المستمر، ثم يستبدل البخار بتيار بارد من الهواء المعقم وذلك لخفض درجة حرارة الردة إلى 35م°. يلحق الوسط الغذائي بجراثيم الفطر باستخدام الرش، يتم التحضين بنشرها على صواني قاعدتها مصنوعة من سلك ذو ثقوب ضيقة جداً أو قماش متين، وتوضع في طبقات سمكها بوصتين. يتم التحكم بدرجة الحرارة بواسطة تيار مستمر من الهواء، وبعد نهاية التحضين يستخرج الإنزيم.

الطريقة المغمورة:

تنمى فيها بكتيريا *B. subtilis* في منابت غذائية سائلة تحت ظروف الإنتاج المثلى، وبعد إنتهاء فترة التحضين تزال خلايا البكتيريا بالطرد المركزي ثم يركز المحلول بالطرق الكيميائية.

أهمية إنزيم الأميليز

صناعة الورق، الغزل، النسيج، و بعض الصناعات الطبية والدوائية كالجلوكوز الطبي.

صناعة الخبز حيث يقوم بتحليل النشا إلى سكر وبالتالي يمكن للخميرة أن تخمر الجلوكوز وتنتج كمية كبيرة من CO_2 الذي يعطي الخبز الشكل الإسفنجي.

عمليات التنظيف الجاف بخلطه مع الإنزيمات المحللة للبروتينات في مساحيق التنظيف.

٢. إنزيم الإنفرتيز

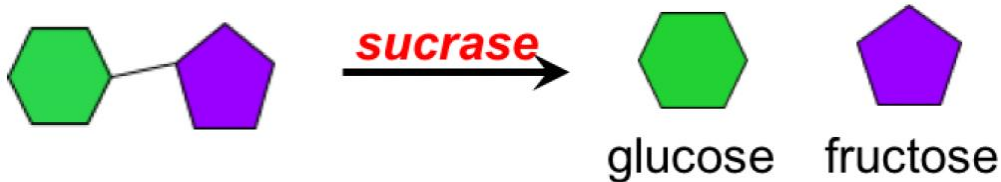
• يحلل إنزيم الأنفرتيز السكروز تحليلاً مائياً إلى جلوكوز وفركتوز.

• يحضر الإنزيم بالتحليل الذاتي لخميرة *Saccharomyces cerevisiae* التي تنهى تحت ظروف ملائمة لإنتاج أكبر كمية من الإنزيم، ثم تطحن خلايا الخميرة أو تحلل لإستخلاص الإنزيم.

• أهمية إنزيم الإنفرتيز:

■ يستخدم الإنزيم في صناعة الحلويات.

■ تمنع إضافة الإنزيم تبلور السكر، وذلك في حال استخدام السكروز.



إنتاج الإنزيمات المحللة للبروتينات

- تعتبر من إنزيمات التحلل المائي، أي تقوم بتحليل البروتينات إلى مواد أبسط في وجود الماء.
- لها أهمية في المجال الصناعي وأهمها إنزيم البكتينيز والبروتينيز.
- وتنتج هذه الإنزيمات بواسطة أنواع عديدة من البكتيريا مثل:

Bacillus subtilis, *B. nigaterium*, *Clostridium sporogenes*, *Serratia sp.*

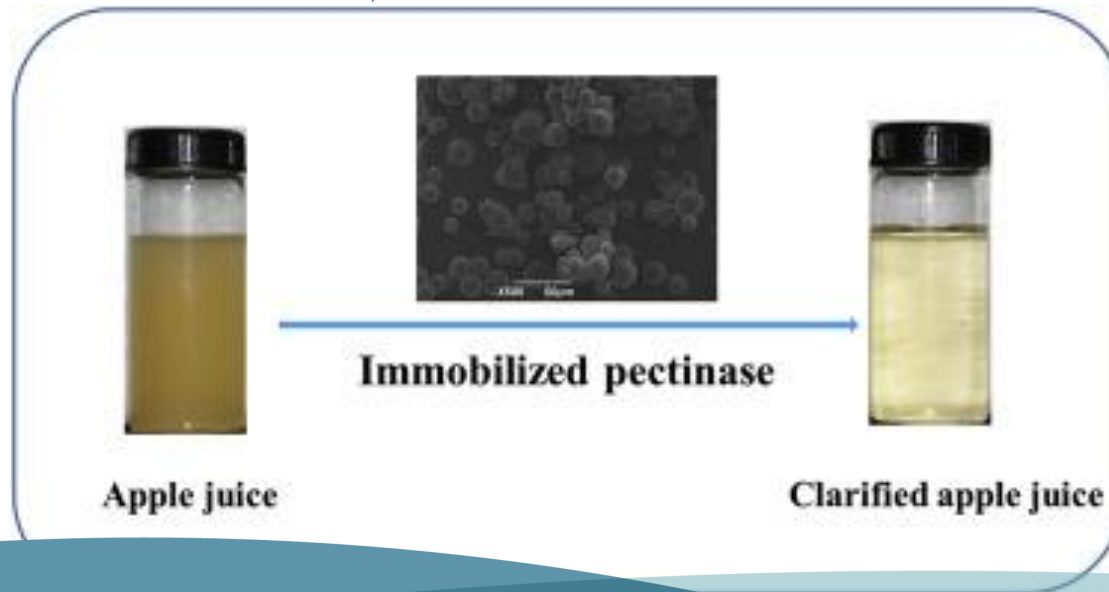
- ومن أمثلة الفطريات:

Aspergillus flavous, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*

- تستخدم الأوساط المنتجة لإنزيمات الأميليز في إنتاج إنزيمات البروتينيز باختلاف الظروف الخاصة للإنماء مثل درجة حرارة ورقم هيدروجيني وتهوية.

١. إنزيم البكتينيز

- يحلل البكتينيز البكتين تحللاً مائياً إلى سكريات بسيطة وأحماض اليورونيك، وينتج الإنزيم بواسطة أنواع من *Penicillium sp.*
- يتم استخدام هذه العملية بشكل شائع في صناعة المواد الغذائية، خاصة في استخراج عصير الفواكه، حيث تساعد في تكسير جدران خلايا الفواكه وإطلاق المزيد من العصير الصافي.



٢. إنزيم البروتينيز

- تحتوي على عدد من الإنزيمات المحللة للمواد البروتينية حيث يحللها إلى عديد الببتيدات ويفرز إنزيم البروتينيز خارج الخلايا، ثم يفرز إنزيم الببتيديز داخل الخلايا ويحلل الببتيدات إلى أحماض أمينية.
- ينتج الإنزيم بواسطة بكتيريا *B. subtilis*.
- ينتج بواسطة أجناس الفطريات *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*, *Aspergillus sp.*

أهمية إنزيم البروتينيز

صناعة الحرير، الغراء، ودبغ الجلود لإزالة الصوف والشعر
منها وتحسين جودتها.

صناعة بعض المستحضرات الطبية مثل إنتاج زيت كبد
السمك ومراهم الحروق.

alalabbad@ksu.edu.sa