

Industrial Microbiology

مكروبيولوجيا صناعية

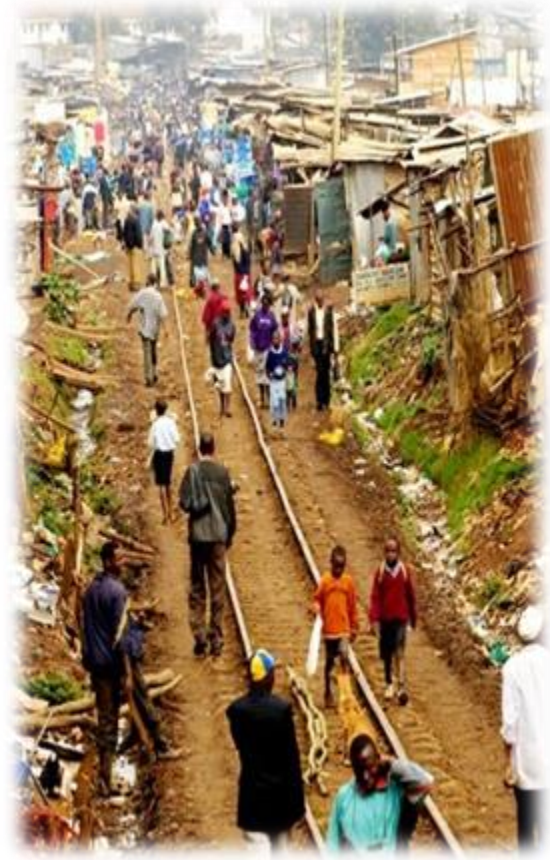
المعمل الثالث

By: Aljawharah Alabbad

2025

Single cell protein (SCP)

إنتاج البروتين وحيد الخلية



- من المشاكل التي تواجه العالم الحديث وجود نقص كبير في البروتين الغذائي والذي قد يؤثر على نمو وصحة الأطفال خاصة في الدول النامية، وتعتبر هذه الظاهرة أحد أسباب تأخر بعض الشعوب اقتصادياً واجتماعياً.
- تستلم هذه الشعوب مساعدات تشمل الحليب المجفف كغذاء للأطفال عند حدوث مجاعة، وبزيادة النم و السكاني زادت الحاجة لهذه المساعدات وأصبحت غير كافية.



• لذلك كان من الضروري البحث عن طرق لتركيز البروتين من مصادر أخرى غير مصادره التقليدية مثل لحوم الحيوان ومنتجاته.

• بدأت صناعة استخلاص البروتين من النبات مثل فول الصويا وبنذور القطن ، كذلك من الأحماض الأمينية المصنعة .

• نالت الكائنات الدقيقة جزءا كبيرا من هذا الاهتمام لسرعة تكاثرها.



- أهتم المعنيون في تركيز بروتينها وأطلق على البروتين المستخلص منها اسم بروتين وحيد الخلية (SCP) Single Cell Protein.
- الهدف منها تصنيع بروتين يستخدم كعلف حيواني في بادئ الأمر ثم تطور إلى طعام للإنسان مؤخراً.



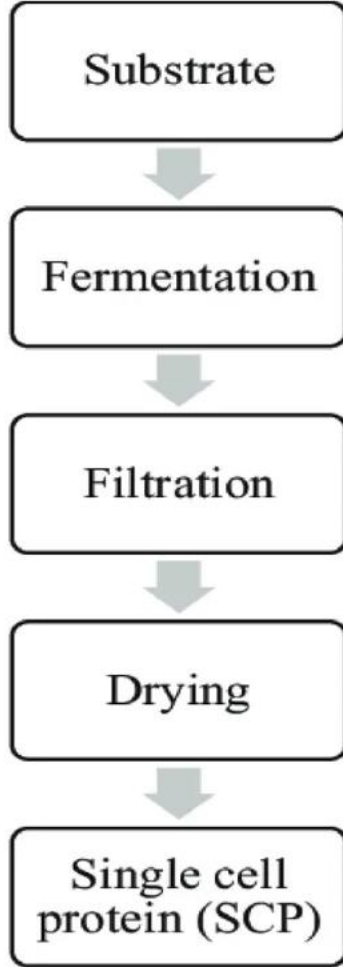
ما هو البروتين وحيد الخلية؟

- هو البروتين المستخرج من مستعمرات نقية من الكائنات الحية الدقيقة مثل الخميرة والطحالب والفطريات والبكتيريا.
- يمكن استخدامه كمكمل بروتيني للإنسان والحيوان.
- يتميز بكونه مصدراً مستداماً للبروتين، لكنه قد يشكل مخاطر إذا تم استهلاك ميكروبات سامة أو نواتج ثانوية ضارة.

انتاج البروتين وحيد الخلية

- يتم إنتاج SCP عن طريق زراعة الكائنات الدقيقة وتدعيمها بمواد غذائية مناسبة من خلال عملية التخمير، ثم يتم حصادها ومعالجتها وتنقيتها لاستخلاص البروتين.
- يطلق على البروتين الناتج أيضاً اسم البروتين الميكروبي.

مراحل انتاج البروتين وحيد الخلية



١. اختيار سلالة الميكروب والركيزة (المادة الداعمة)

٢. التخمر

٣. الحصاد

٤. المعالجة بعد الحصاد

٥. معالجة البروتين وحيد الخلية

١. اختيار السلالة الميكروبية

- يتم اختيار الكائن الدقيق بناء على مجموعة من الأسس تمثل في الآتي:

1. لا تكون من الأنواع المسببة للأمراض أو المنتجة للسموم .

2. تصنيع البروتين منها ذو طبيعة خاصة ومقبولة عند تناولها كطعام.

3. سرعة نمو عالية ولا يحتاج إلى أوساط زراعية ذات تكلفة عالية.

4. قادر على انتاج كمية وفيرة من البروتين ذو نوعية غذائية جيدة، ويكون مستقر كيميائياً.

أهم السلالات الميكروبية المستخدمة

١. الخمائر: نالت القسط الأكبر من الاهتمام مثل أجناس *Saccharomyces* و *Toropsis* و *Candida*، وذلك لأنها مجربة في الغذاء مثل الخبز و غير ذلك.

٢. الفطريات: كان اختيارها كمنتج للبروتين قليل نسبيا وذلك لأنها غالبا ما تكون سامة، وهي بطيئة النمو، تحتوي على نسبة منخفضة ونوعية رديئة من البروتين. أهمها أجناس *Aspergillus* و *Fusarium* و *Penicillium*.

٣. الطحالب: *Chlorella sp.* و *Scenedesmus sp.* و *Spirulina sp.*

٤. البكتيريا: *Bacillus sp.* و *Hydrogenomonas sp.*

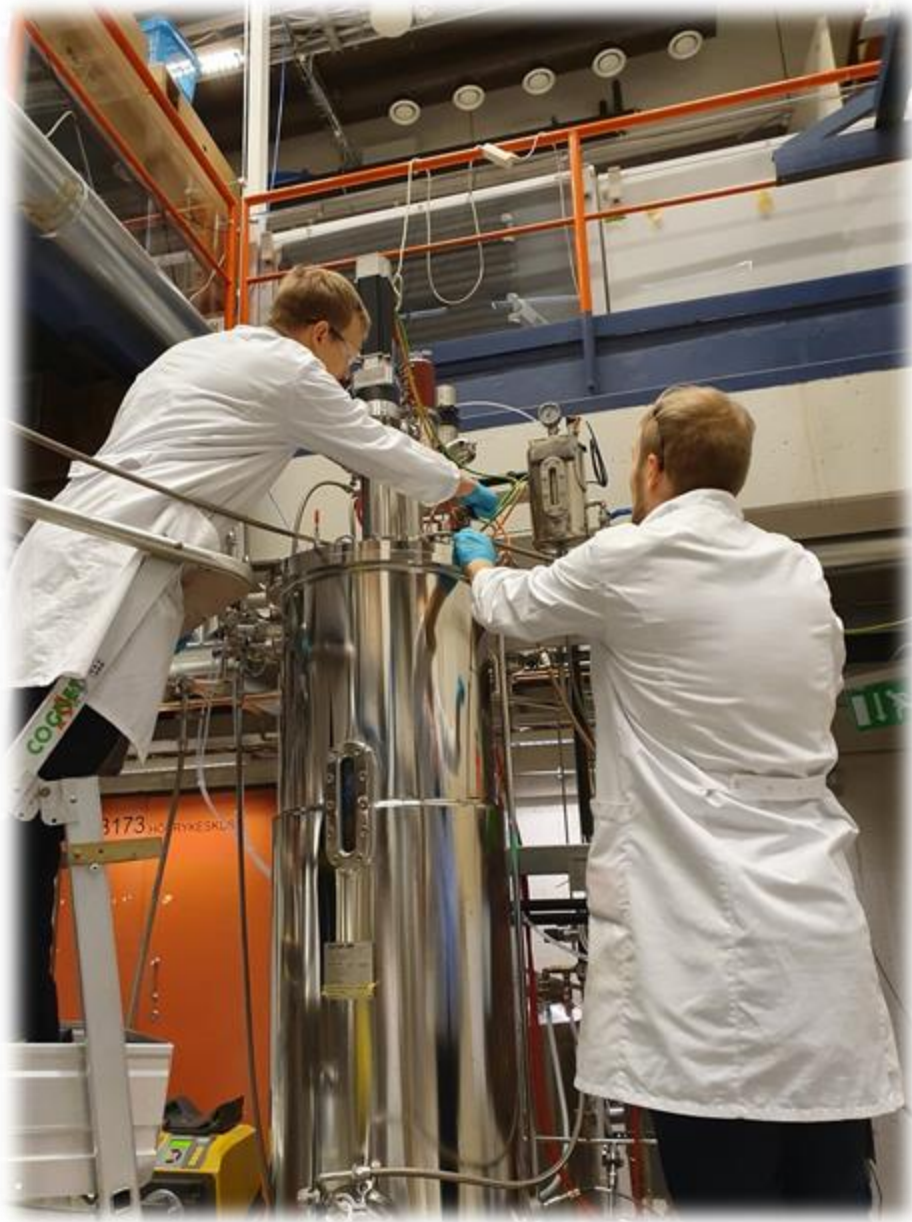
يوجد العديد من المصادر التي يمكن استخدامها كقاعدة substrate لتنمية الميكروبات عليها حيث تشمل هذه المصادر ثلاث أنواع رئيسية:

ت. مواد من مصادر نباتية	ب. الفضلات مثل الشرش whey	أ. مصادر طاقة أو مشتقات هذه المصادر
<p>مثل:</p> <ul style="list-style-type: none"> - النشا - السكر 	<p>مثل الناتج من صناعة الجبن، و سائل الكبريت من صناعة الورق، و فضلات الحيوانات، و المجاري، و CO₂.</p>	<p>مثل:</p> <ul style="list-style-type: none"> - الغاز الطبيعي - زيت الغاز
<ul style="list-style-type: none"> - السليلوز - المولاس. 	<p>نالت اهتماماً واسعاً نظراً ل:</p> <ul style="list-style-type: none"> • انخفاض أو انعدام كلفة شرائها. • اهتمام العالم بصحة البيئة باعتبارها ملوثة للبيئة، حيث يتم التخلص منها والعمل على عدم رجوعها للبيئة بهذا الشكل . 	<ul style="list-style-type: none"> - الكحول الإيثيلي والميثيلي - حامض الخليك.
	<p>يمكن تحويل هذه الفضلات كيميائياً بالاختزال بواسطة CO₂ إلى زيت يستخدم كمصدر للطاقة.</p>	

٢. التخمير Fermentation

- يتم التخمير داخل حجرة كبيرة مصنوعة من الزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ، وتُعرف باسم "المخمّر Fermentor".
- تتم عملية التخمير في ظروف معقمة لضمان نقاء المنتج.
- يتم التحكم في الظروف التشغيلية مثل درجة الحرارة، الضغط، و pH والرطوبة لضمان بيئة مناسبة لنمو الكائنات الدقيقة.
- غالباً ما يتم استخدام **نظام الزراعة نصف الدفعي** في تخمير الميكروبات لتحقيق إنتاجية أعلى.

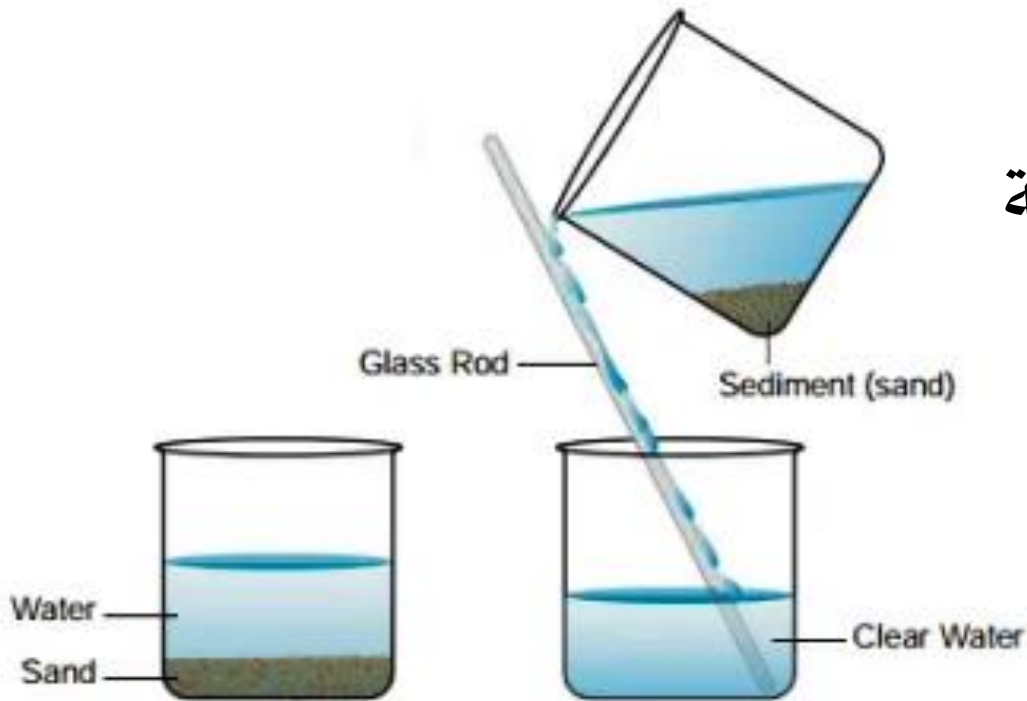
Fermentation التخمير . ٢



٣. الحصاد Harvesting

- ينتج التخمر عدداً كبيراً من المستعمرات الميكروبية الناتجة من خلية واحدة.

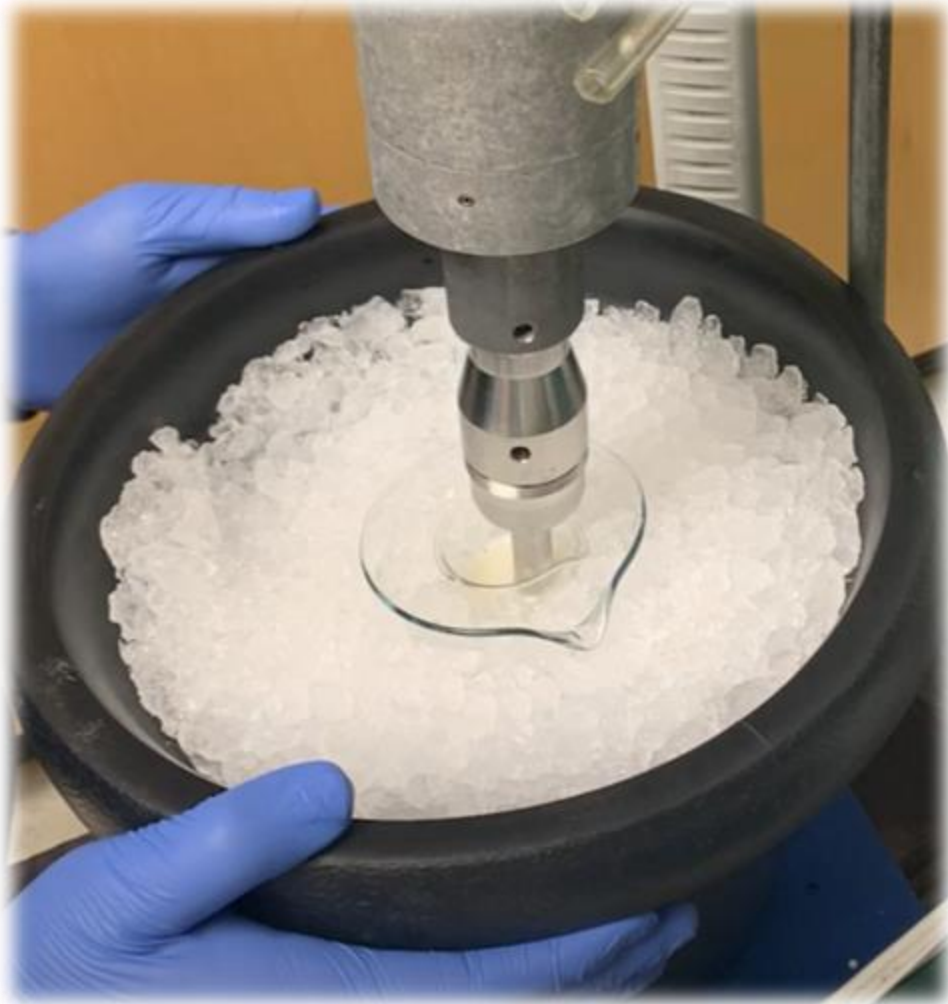
- يتم عزل هذه المستعمرات عن الخلايا الفردية باستخدام طريقة الترسيب Decantation.



٤. المعالجة بعد الحصاد Post-harvest treatment

- بعد عملية الحصاد، تخضع الخلايا لعدة عمليات معالجة.
- تشمل المعالجات بعد الحصاد خطوات مثل الفصل بالطرد المركزي، الغسيل، والتجفيف وغيرها.

٥. معالجة البروتين وحيد الخلية



- يمكن عزل البروتين النقي عن طريق تحطيم جدار الخلية عن طريق بعض العمليات مثل:

➤ السحق

➤ التفتت

➤ دورات تجميد و الذوبان

➤ الطحن

➤ الصدمات الحرارية

٥. معالجة البروتين وحيد الخلية

- ظهرت مشكلة الأحماض النووية RNA و تركيزها العالي في هذه الخلايا لسرعة تكوينها للبروتين وتكاثرها.

- يتغير مستوى RNA تبعاً لسرعة نمو الكائن الدقيق وقد تم حساب مستوى الحمض النووي RNA لبعض الكائنات كما يلي:

الميكروب	نسبة RNA من الكتلة الحيوية
<i>Spirulina</i>	٥,٤%
بعض الخمائر	٦ - ١٠%
بعض البكتيريا	١٨%

٥. معالجة البروتين وحيد الخلية

- يعد تراكم RNA من العيوب الأساسية حيث يؤدي إلى تكوين حمض اليوريك الذي يترسب في الكليتين مسبب حصوات في الكلى للإنسان والقردة الراقية.
- كما يسبب داء النقرس لذلك يجب أن لا يزيد معدل RNA المستهلكة عن ٢ جم لليوم الواحد .
- يتحلل حمض اليوريك في الحيوانات الدنيا لإمتلاكها إنزيم uricase، وبناء على ذلك فإن استهلاك مستويات عالية من الأحماض النووية لا يسبب لها مشاكل أيضية.

٥. معالجة البروتين وحيد الخلية

- يمكن إزالة الحمض النووي الريبوزي عن طريق استخدام أي من الطرق التالية:

1. المعالجة بكلوريد الصوديوم 10% NaCl.
2. إضافة مواد كيميائية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH.
3. الصدمة الحرارية.
4. المعالجة بإنزيمات مجموعة Ribonuclease مثل RNase.

الخواص المفترض تواجدها في البروتين وحيد الخلية

احتوائه على نسبة عالية من البروتين الخام والأحماض الأمينية .

نسبة مقبولة من الكربوهيدرات والدهون والفيتامينات وبعض العناصر مثل الفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم.

أن يحتوي على نسبة منخفضة من الأحماض النووية.

سهولة هضمه واحتوائه على كمية عالية من الطاقة.

بعض استخدامات البروتين وحيد الخلية

1. غذاء مكمل للبروتين: مصدر للفيتامينات، الأحماض الأمينية، المعادن، الألياف الخام، وغير ذلك.
2. غذاء صحي: للتحكم بالسمنة وتوفير الطاقة الضرورية للجسم.
3. علاجات طبيعية: تقلل الوزن، الكوليسترول، التوتر. كما تساعد في خفض نسبة السكر عند مرضى السكري.
4. مستحضرات تجميلية: للحفاظ على صحة الشعر (Vitamins A, B)، و في كريمات البشرة.
5. علف الدواجن و الماشية: مصدر ممتاز ومناسب للبروتين و العناصر الغذائية الأخرى.

التجربة الثانية: فحص البكتيريا النافعة في الزبادي



- ابرة تلقيح تحتوي على العقدة (بلاستيكية أو زجاجية)
- حمام مائي يضبط عند درجة حرار ١٠٠ درجة مئوية.
- شريحة زجاجية
- بيكرات تحتوي على زایلول، كحول ايثانول، ماء مقطر
- صبغة أزرق الميثيلين
- زيت سيدر

١. يتم اخذ عينة من الزبادي بإستخدام ابره تلقيح، وتنشر على سطح الشريحة الزجاجيه وتترك لتجف تماماً.

٢. تنقل الشريحة فوق وعاء يحوي ماء يغلي مدة ٥ دقائق لتثبيت غشاء الحليب بالبخر.

٣. تغمر الشريحة في الزايلول لمدة دقيقة، ثم تغمر بالكحول، واخيراً تغمر في وعاء فيه ماء مقطر.

٤. تصبغ الشريحة بأزرق الميثيلين لمدة ١٥ ثانية ثم تزال الصبغة بالماء المقطر و تفحص بإستخدام المجهر الضوئي.



alalabbad@ksu.edu.sa