طرائق التنمية المستعملة في التقنية الحيوية

لقد أثمر التوجه الجاد للدول المتقدمة تقنيا إلى تبني التقانات الحيوية لمواجهة تلك الظواهر والمخاطر عن بدائل وحلول حقيقية تجسدت في استثمارات هائلة تقدر بمئات المليارات من الدولارات وتشغيل عشرات الملايين من الموارد البشرية بمختلف مستويات التأهيل العلمي والتقني. وقد توزعت مجالات العمل في الصناعات والتقانات الحيوية التالية:

- إنتاج مواد الوقود الحيوي الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي (باعتبارها تمثل أهم مصادر الطاقة المستدامة (Sustainable Energy).
- تصنيع واستخدام المفاعلات الحيوية (خلايا وأنزيمات) في الصناعات الغذائية والدوائية.
- إنتاج الأنزيمات الصناعية من الأحياء المجهرية المحبة للحرارة واستخدامها على نطاق واسع في العديد من الصناعات كالنشا والكلوكوز، متحللات البروتين، العصائر والمشروبات، دباغة الجلود، استخراج البترول.
- إنتاج الأنزيمات المنقاة واستخدامها في التحليلات الغذائية والسريرية .
- إنتاج النباتات الاقتصادية من فاكهة وخضروات ونباتات زينة (بتقنية الزراعة النسجية) .
- (إنتاج المحاصيل المعدلة وراثيًا) فول الصويا، الكانولا، الذرة، البطاطا، البنجر السكري، القطن.
- من النواتج العرضية (Biodegradable) إنتاج مواد التعبئة والتغليف الحيوية القابلة للتحلل للعمليات الزراعية والصناعات الغذائية كبلاستيك النشا الحراري، بولي لاكتيت، خلات النشا، خلات السيليلوز التي اكتسبت مؤخرًا اهتمامًا ملحوظًا بسبب ارتفاع أسعار النفط وما يترتب عليه من ارتفاع في تكاليف إنتاج مواد التعبئة والتغليف المشتقة منه.

يعبر عن النمو في الكائنات الحية الدقيقة بانه حالة الزيادة في اعداد الخلايا والتي تسمى **بالكتلة الحيوية**. تتضمن الية النمو خطوات ايضية متسلسلة ومتناسقة تستعمل فيها مجموعة كبيرة من الانزيمات. ان الاحتياجات للنمو تتضمن توفير المواد المغذية من خلال الوسط الغذائي والظروف البيئية اللازمة للنمو، وان كل من الحالتين تحتاجها الانواع من الاحياء المجهرية بصورة مختلفة لكل نوع عن الاخر. ان تقدير كمية الكتلة الحيوية التي يستدل منها على حالة النمو للكائنات الحية المجهرية يتم من خلال حالات متعددة منها قياس الوزن الرطب او الوزن الجاف للكتلة الحيوية او من خلال قياس اعداد الخلايا المايكروبية، حيث يعرف **زمن التضاعف:** بانه الفترة الزمنية اللازمة لتضاعف وزن الكتلة الحيوية المكونة للاحياء المجهرية...اما **زمن الاخلاف:** فانه الزمن اللازم لتضاعف اعداد الخلايا (شكل 1). اللذان يكونان متساويان خلال النمو المتوازن في الطور اللوغاريتمي من نمو الكائنات المجهرية.

يختلف زمن التضاعف بين انواع الكائنات الحية حيث يكون قصيرا في بعضها مثل البكتريا ويطول في البعض الاخر كالفطريات اذ يكون بين 0.20 – 1.0 في البكتريا...1.20 – 2.0 في الخمائر...2.0 – 7.0 ساعات في الاعفان.

وكما يلاحظ فان الاحياء المجهرية لاتتكاثر بسرعة واحدة، وعند عمل منحني نمو Growth curve (هو العلاقة بين لوغارتم عدد الميكروبات على المحور الصادي والزمن على محور السيني) فانه ستظهر أربعة أطوار (الشكل 2). وهي:

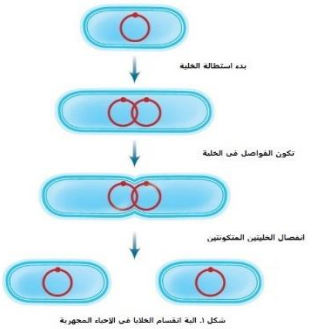
(1) طور التاقلم (طور التطبع) **Lag phase**

(2) طور النمو اللوغارتمي **Logarithmic**

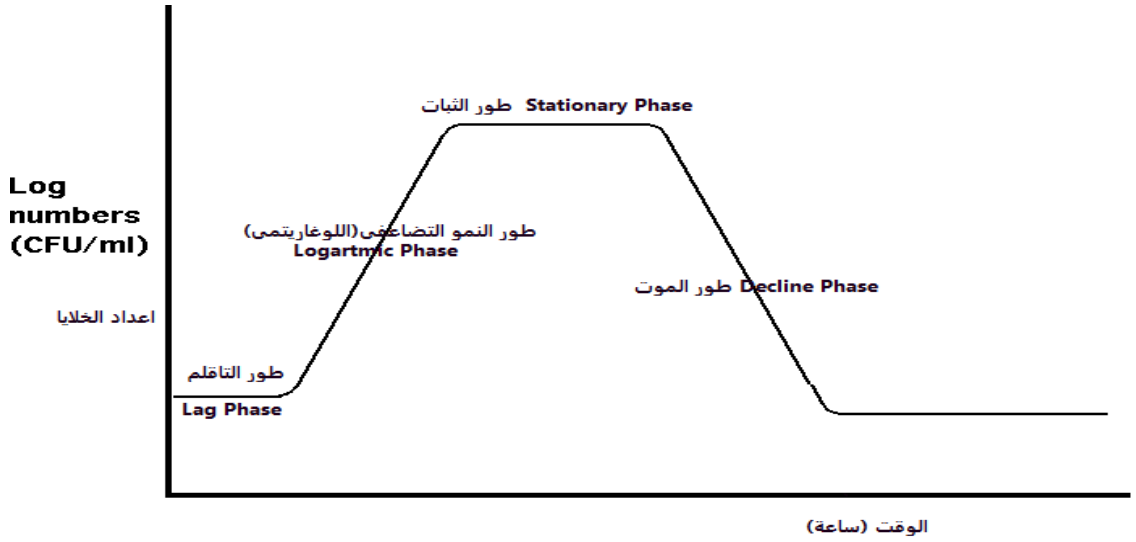
(3) طور الثبات **Stationary phase**

(4) طور الموت **Decline phase**

عند توفر الظروف المثالية للنمو التي تتمثل بالعناصر المغذية والظروف البيئية الملائمة للنمو فان الكائن المجهري يمر اولا في مرحلة التاقلم على الوسط الغذائي الجديد المنمى عليه وفي هذه الفترة يبدأ الكائن المجهري في انتاج الانزيمات والعوامل الاخرى اللازمة لاستخدام المواد الغذائية في الوسط، وتسمى المدة التي يستغرقها الكائن **بطور التطبع او التاقلم** Lag Phase . ان هذه الفترة تطول او تقصر اعتمادا الى نوعية الكائن المجهري الصناعي وكذلك درجة تعقيد او بساطة الوسط الغذائي. وعندما تكتمل حالة الكائن المجهري لتاقلمه على الوسط فانه يبدا بالانقسام والنمو حيث يتضاعف فيها الكائن بصورة مضطردة ومتوالية ويسمى هذا الطور **بالطور اللوغاريتمي** Logarithmic Phase ويبقى الكائن في هذا الطور مادامت الظروف البيئية مناسبة والمكونات من العناصر الغذائية متوفرة ويتجهه الكائن المجهري في هذا الطور الى انتاج **مواد الايض الاولي** Primary metabolites وهي جميع المواد الايضية التي يحتاجها الكائن المجهري خلال مرحلة نموه وانقساماته التي غالبا ماتتضمن الفيتامينات والاحماض الامينية وغيرها.



شكل ١: آلية انقسام الخلايا في الأحياء المجهرية



شكل ٢. منحنى النمو للاحياء المجهرية

ان استمرار حالة النمو والتضاعف الاسي للكائنات المجهرية الصناعية يكون مقترنا مع توفر المواد المغذية لها، وفي حالة حصول نقص احد المغذيات او عدم توفر احد او اكثر من الظروف البيئية كدرجة الحرارة او توفر الاوكسجين او مستوى الأس الهيدروجيني pH فان حالة نمو الاحياء المجهرية سوف يحصل لها تثبيط جزئي وتكون عنده الخلايا الحية متساوية مع الخلايا الميتة ويسمى هذا الطور الذي تمر به الاحياء المجهرية **بطور نمو الثبات Stationary Phase** تتجهه الكائنات في هذا الطور الى انتاج **منتجات الايض الثانوي Secondary Metabolites** التي تنتجها اما لقتل الانواع من الاحياء من نفس النوع او الانواع الاخرى الموجودة مع الكائن المجهري او تنتجها لاجل ان تستغلها في التغذية عليها في المراحل اللاحقة عند النفاذ التام للمغذيات.

ان استمرار حالة قلة او نفاذ المغذيات سيؤدي الى وصول الكائنات الى انحسار وتثبيط الكثير من الانزيمات وطرق الايض التي تحتاجها الخلية للبقاء على قيد الحياة وبذلك تصل الخلية الى **طور الهلاك او الموت** لها **. Death Phase**

فضلا عما ذكر فان الاحياء المجهرية تتفاوت في قابليتها على النمو والتكاثر في الاوساط المختلفة اعتمادا الى مستوى رطوبتها أذ ان الاحياء الاكثر مقاومة وتحملا للمستويات المنخفضة من الرطوبة هي انواع الاعفان التي تتحمل مستوى من النشاط المائي يكون منخفضا عند 0.80 وفي حالات معينة تكون اقل من ذلك كما في حالة نوع العفن *Aspergillus versicolor* والنوع *A. terrus* اللذان يصل مستوى النشاط المائي الذي يتحملانه الى 0.65 ويعد ذلك تحملا لمستويات جفاف عالية في نموها. ياتي بعدها في تحمل مستويات الجفاف انواع الخمائر التي تصل في تحملها الى مستويات عند 0.87 فاعلى اما اقل انواع الاحياء المجهرية تحملا للجفاف فهي انواع البكتريا التي يتراوح تحملها للنشاط المائي بين 0.90 الى 0.99 .

مما ذكر فانه يمكن تصنيف حالات قدرة الاحياء المجهرية الصناعية في النمو على الاوساط الغذائية الى ان انواع الاعفان تتمكن من استغلال انواع الاوساط الجافة وياتي بعدها انواع الخمائر ثم اقلها تحملا هي انواع البكتريا التي تحتاج في نموها الى الاوساط السائلة.

اعتمادا الى ماتقدم من حالات النمو للاحياء المجهرية الصناعية (التخمير) فان طرائق التنمية يمكن ان

تقسم اعتماد على المواد الاساس المستعملة فيها الى الاتي:

1- تخمرات الحالة السائلة Liquid State Fermentation

2- تخمرات الحالة الصلبة Solid State Fermentation

تخمرات الحالة السائلة Liquid State Fermentation:

تتضمن تخمرات الحالة السائلة استعمال الاوساط السائلة في تنمية الاحياء المجهرية الصناعية ويمكن فيها استعمال جميع انواع الاحياء المجهرية من البكتريا او الخمائر او الاعفان ويعتمد ذلك على نوع الكائن المجهري ونوع الوسط المستعمل للتنمية...ويمكن ان تكون طريقة التنمية في حالات متعددة لعل اهمها هي:

اولا. مزارع الوجبات (النظام المغلق):

تتميز مزارع الوجبات في احتوائها على كمية محدودة من العناصر الغذائية او الوسط الزرعي اللازم لتنمية الكائن الصناعي، الذي يضاف بشكل لقاح في بداية عملية التخمر. في هذه الطريقة من التنمية تكون صفة

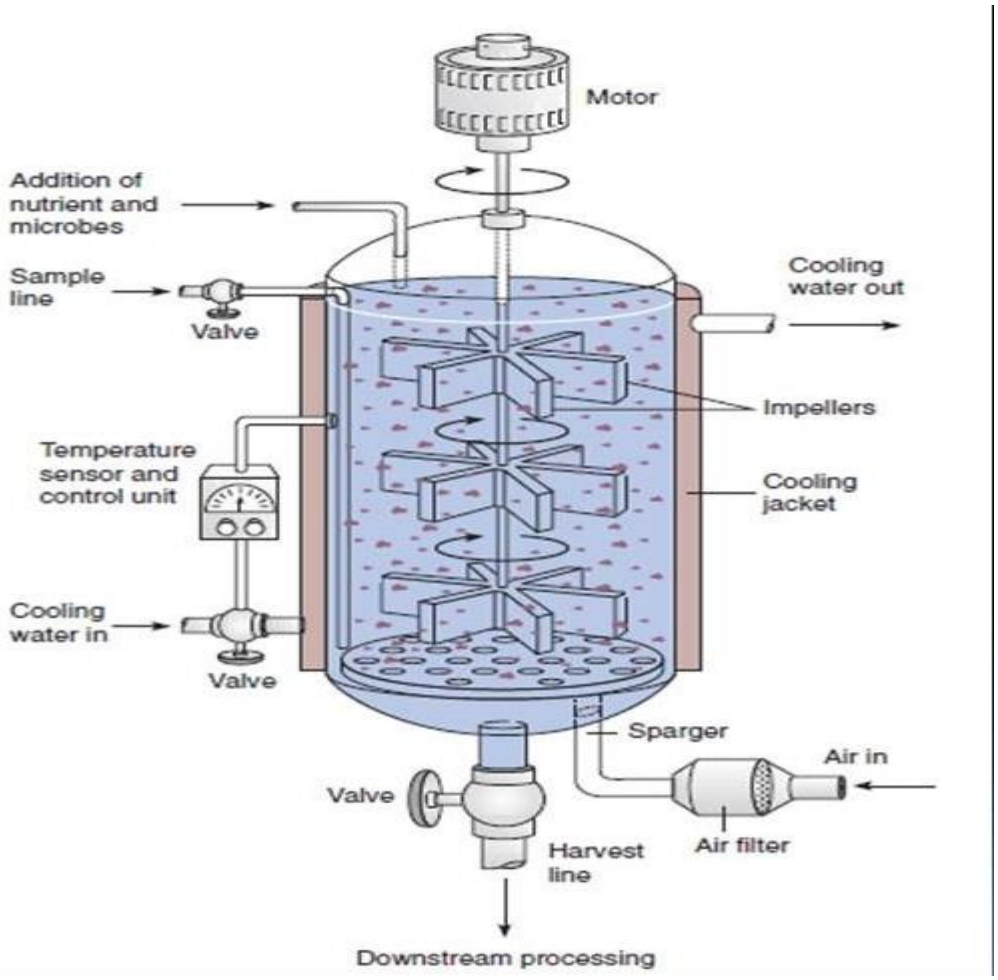
عدم الثبات في ظروف الانتاج من الصفات المميزة لها حيث ينخفض تركيز المواد المغذية مع استمرار النمو للكائن والذي يعد محددا للنمو، كذلك قد يتغير الاس الهيدروجيني أثناء التخمر فضلا عن اتجاه الكائن المجهري الى انتاج مواد الايض والنواتج العرضية التي تزداد كمياتها اعتمادا الى نوعية الوسط الغذائي وظروف التنمية للكائن. كما يمكن توفير التهوية اللازمة للكائن الصناعي في حالة الحاجة الى ذلك من خلال التحريك المستمر للوسط الغذائي.

يمكن استعمال مزارع الوجبات في انتاج منتجات الايض الاولية او الثانوية والتي تكون من خلال الحصول على الكتلة الحيوية Biomass التي تحتوي على المواد الايضية المطلوبة. اذ ان استمرار النمو للاحياء المجهرية الصناعية من خلال توفير الظروف الملائمة لاطالة طور الثبات وتقصير الطور اللوغاريتمي فانها سوف تتجه الى اكمال مراحل النمو في دورة حياتها وبالتالي ستكون منتجات الايض الثانوي كالمضادات الحيوية ومنظمات النمو والسموم هي الاكثر انتاجا لان الكائنات تكون قد وصلت الى طور النمو الثابت من مراحل نموها. وعندما يراد ان تكون المنتجات منها هي منتجات الايض الاولي فانه يصار الى اطالة طور النمو اللوغاريتمي والذي يصاحبه افراز منتجات الايض الاولي وهي الضرورية لنمو وادامة الخلية كالفيتامينات والانزيمات وغيرها.

ثانيا.المزارع المستمرة (النظام المفتوح) Continuous culture

تتميز طريقة المزارع المستمرة في اختلافها عن مزارع الوجبات في ان مكونات النظام من الخلايا والوسط المغذي تدخل الى المخمر ويسحب منه كمية مساوية كناتج نهائي باستمرار. في هذه الطريقة تكون التفاعلات الايضية في حالة استقرار والتهوية مستمرة وتزال النواتج العرضية بين الحين والأخر بحيث يكون الحجم المتفاعل ثابتا. كما ان ظروف التخمر من الاس الهيدروجيني وتركيز العناصر الغذائية ومستوى الاوكسجين او المكونات الاخرى تكون ثابتة خلال فترة التخمر ونمو الكائن المجهري المستعمل في التنمية، اضافة الى ان هناك امكانية للسيطرة على كل واحد من العوامل المسيطرة على التفاعل على حده وبذلك يمكن من خلال هذه الطريقة دراسة تاثير كل عامل على النمو والانتاج بشكل منفرد.

بذلك يكون حجم الوسط المستعمل في التنمية ثابتا مع طول مدة التخمير حيث يكون الناتج النهائي المسحوب متساويا مع الوسط الغذائي المضاف الى المخمر (الشكل 3).



شكل 3. اجزاء المخمر الحيوي

اما حالة المزج للوسط فانها تتم من خلال وجود المقلب او التحريك للوسط. وللوصول الى افضل انتاج فانه يصار دائما الى السيطرة على المستوى المثالي من ظروف الانتاج ويتم ذلك من خلال طرائق او انظمة متعددة لعل اهمها هي:

1. **المنظم الكيميائي Chemostat**: يكون عامل النمو المحدد للسيطرة على نظام المزارع المستمرة في هذه الحالة هو احدى مكونات الوسط الغذائي الذي يتحكم بعمليات النمو ويكون سحب الناتج النهائي بكمية مساوية للحاجة الى الوسط من خلال عامل النمو المحدد.

2. **منظم العكارة Turbidostatic** : يتم التنظيم بالاعتماد على قياس تركيز الخلايا في الوسط الزرعي وذلك في السيطرة على جريان الوسط الغذائي الى داخل جهاز التخمر بحيث تبقى عكارة المزرعة في حدود معينة يكون عندها الناتج في افضله ، ويمكن الوصول الى هذه الحالة من خلال ربط الجهاز مع خلية ضوئية يتم منها قياس الكتلة الحيوية اذ كلما ازدادت أعطى الجهاز إشارة لادخال كمية اكبر من الوسط الزرعي المعقم وإزالة كمية مساوية من وسط التخمر وإذا انخفض تركيز الخلايا يغلق المجرى لمنع خروج الخلايا كي تتكاثر ويزداد تركيزها.

3. **المنظم الحيوي Bio state** : يتم قياس تركيز الكتلة الحيوية الناتجة من خلال قياس معدل دخول المواد المغذية وخروجها على أساس قياس بعض النواتج الايضية مثل انتاج ثاني اوكسيد الكاربون حيث يعتمد هذا النظام على اساس ان اقصى كمية من الكتلة الحيوية تتكون عندما تصل كمية CO_2 الى اقصاها وعند هذه النقطة فانه يتجهه الى سحب المنتوج واضافة وسط غذائي جديد.

وتعد طريقة المنظم الكيميائي في انه الافضل والاكثر شيوعا لانها تتميز في عدم حاجتها الى اجهزة سيطرة معقدة للمحافظة على حالة مستقرة من النمو والانتاج.

مميزات طريقة تخمرات المزارع المستمرة:

تتميز عمليات الانتاج الحيوي بالطريقة المستمرة بمزايا مهمة مقارنة مع طريقة مزارع الوجبات والتي تتضمن الاتي:

أ- كفاءة الانتاج العالية: يحصل ذلك كون الطريقة اعلاه تكون فيها عملية الانتاج مستمرة لفترة اطول وذلك لملائمة الوسط من ناحية التجانس والتركيبة وبذلك يكون الناتج اكثر كمية مقارنة مع الطرق الاخرى لاسيما مزارع الوجبات التي يكون فيها الوسط غير متجانسا خلال مراحل التنمية اذ يكون مخففا في البداية ويصبح لزجا وكثيفا في المراحل المتاخرة من الانتاج.

ب- الطريقة المستمرة لاتحتاج الى ايدي عاملة كثيرة لادارتها، على العكس من طريقة مزارع الوجبات التي تحتاج في كل مرحلة انتاج الى تنظيف وتعقيم حاويات الانتاج المتعددة المستعملة.

ت- نظرا لاحتواء المخمر في مزارع الطريقة المستمرة على ماخذ متعددة يتم من خلالها تحديد وقياس مكونات الوسط فان التنمية في هذه الطريقة تكون معرضة للتلوث اكثر مما في حالة التنمية في مزارع الوجبات حيث يقل فيها معدل التلوث كونها عبارة عن نظام مغلق لايتم تعرضه الى الملوثات.

ث- احتمالية حصول حالات انحلال السلالة (تغير صفات السلالة عن صفاتها الاصلية) في حالة الطريقة المستمرة وذلك لكون الكائن المجهري مستمرا في النمو في الطور اللوغاريتمي او اي مرحلة تتطلبها عملية الانتاج لمدة طويلة مما يجعله في حالة غير مستقرة. كما ان هذه الحالة يمكن ان ينتج عنها حصول حالات الطفرات الذاتية اكثر مما يحصل في الكائن المجهري في مزارع الوجبات كون ان الكائن يمر في جميع اطوار النمو خلال عملية التنمية والانتاج.

ج- يمكن استعمال طريقة المزارع المستمرة في الدراسات والابحاث لتحديد تاثير اي من العوامل المؤثرة في كمية او نوعية الانتاج، على العكس من طريقة مزارع الوجبات التي لايمكن اجراء ذلك من خلالها كون حاويات التخمير لاتتضمن وجود المتحسسات عن عملية الانتاج.

ثالثا. مزارع الوجبات المغذاة: Fed-Batch Cultures

هي وصف لطريقة بين الحالتين من طريقة المزارع المستمرة وطريقة الوجبات، والتي تعتمد على التغذية من الوسط الغذائي بصورة متتالية من دون ازالة اي كمية من المزرعة وبالتالي فان حجم المزرعة يزداد مع تقدم زمن التنمية.

تتميز هذه الطريقة في المحافظة على تركيز واطيء عند الحد المثالي من المغذيات للكائن المجهري الصناعي وان لذلك فوائد متعددة اهمها هو **ازالة التاثير الكابح او المثبط لمصادر الكاربون التغذوية** لاسيما سريعة

التمثيل كالكلوكوز والمحافظة من خلال ذلك على ظروف التهوية المثالية في المخمر، فضلا عن **منع التاثير السام لبعض مكونات الوسط الغذائي** وبالتالي التخلص من تاثراتها في تثبيط الكائن المجهري الصناعي.

تعد عملية انتاج البنسلين مثالا على استعمال مزارع الوجبات المغذاة في انتاج المنتجات الايضية الثانوية. اذ تقسم عملية التخمر في انتاج البنسلين الى مرحلتين **هما مرحلة الحاجة الى النمو السريع** والثانية هي **مرحلة النمو البطيء او مرحلة الانتاج.** حيث يستعان بالكلوكوز للسيطرة على ايض الكائن المجهري ففي المرحلة الاولى يضاف الكلوكوز بتركيز عالي باعتباره مصدرا سريع الاستهلاك من قبل الكائن المجهري الذي يؤدي الى تجمع الاحماض العضوية وبذلك سوف يحتاج الكائن المجهري الى الاوكسجين اكبر مما متوفر منه في المخمر، اذ ان الكمية القليلة من الكلوكوز تسبب في استعمال النتروجين العضوي كمصدر للكاربون مما ينتج عنه ارتفاع الحموضة وانخفاض في تكون الكتلة الحيوية. اما في المرحلة الثانية وهي مرحلة النمو البطيء حيث ان معدل التغذية يجب ان يحدد كل من معدل النمو واستهلاك O_2 لاجل التخليق العالي من البنسلين.

تخمرات الحالة الصلبة Solid State Fermentation

يعرف هذا النوع من التخمرات بانها التخمرات التي تجري في أوساط تحتوي على مواد صلبة في حالة غياب او شبه غياب للماء الحر وتعتبر اليابان والصين الموطن الأصلي لهذا النوع من التخمرات التي جرى توارثها منذ آلاف السنين، حيث كانت " **طريقة تخمر كوجي** " **Koje Fermentation** " . ان الاوساط الغذائية الاكثر استعمالا في تخمرات الحالة الصلبة هي الحبوب والبقوليات ونخالة الحنطة والمواد السليلوزية مثل الخشب والقش والتي تكون غير ذائبة او قليلة الذوبان في الماء ولكنها مواد رخيصة ومن السهل الحصول عليها وانها تحتوي على تركيز عال من العناصر الغذائية. يعد تاريخ استعمال تخمرات الحالة الصلبة قديم جدا حيث استعملت منذ مئات السنين في الشرق وكان إنتاج صاص الصويا والميزو والتمبي من أهم عمليات تخمر الحالة الصلبة القديمة والمستمرة الى وقتنا الحالي. كما تم تطوير طريقة الإنتاج من الأساليب البدائية إلى التقنية الصناعية الحديثة التي تتصف بالكفاءة العالية وثبات جودة المنتجات. اثبتت تخمرات الحالة الصلبة كفاءة عالية حيث انها اتصفت بملائمتها بصورة خاصة لإنتاج المواد المفرزة خارج الخلايا (Extracellular Products) اذ انها تتميز بالميزات الإيجابية الأساسية التالية:

1- اختزال حجم وسط الإنتاج بنسبة 30 -50% في حالة تخمرات الحالة الصلبة مقارنة بالأوساط السائلة كما يكون هناك اختزال في كمية المياه المطلوب استعمالها في وسط الإنتاج .

2- انخفاض تكاليف التشغيل بسبب عدم الحاجة إلى التحريك والتقليب المستمرين ولعدم الحاجة إلى تبريد المخمرات خلال فترة الإنتاج.

3- الحصول على المنتجات الحيوية المرغوبة بتراكيز عالية كون انتاجها يكون بشكل افراز خارج الخلية، كما تكون سهولة في عمليات استرجاع وتنقية المنتجات الحيوية وانتفاء الحاجة إلى عمليات استخلاص وترشيح ومعالجة أوساط الإنتاج التي تعد ضرورية لتخمرات الأوساط السائلة، والاقتصار على عملية الجرش أو الطحن لوسط الإنتاج.

4- احتواء مخلفات التخمر الصلبة على مكونات وعناصر تغذوية مهمة تكسبها أهمية بالغة في الأعلاف الحيوانية.

5- قلة احتمالات تلوث وسط الإنتاج بالأحياء المجهرية الضارة بسبب ارتفاع درجة حرارة التخمر.

تتصف المواد المستخدمة في أوساط الإنتاج عموما بانخفاض تراكيز السكريات البسيطة فيها وارتفاع نسب الكربوهيدرات المعقَّدة كالنشا والسيليلوز ونسب متفاوتة من البروتينات ويتم ترطيب وسط الإنتاج إما بالماء، أو الماء المحتوي على بعض المواد الضرورية للنمو والإنتاج، أو مستخلص مخفف من المولاس أو مستخلص التمر.

إن أهمية هذه المنتجات تكمن في كون ان الدول العربية مستوردة لها باعتبارها موادا مساعدة تدخل في قطاعات مهمة من الصناعات الغذائية القائمة، على الرغم من توفر المواد الخام المطلوبة لإنتاجها محليًا وإقليميًا. وفي الحقيقة أن الصناعات القائمة على التقانات الحيوية تكاد تكون معدومة في تلك الدول باستثناء مصانع خميرة الخبز والإيثانول للمشروبات والاستخدامات الطبية والخل التي لا تكفي طاقاتها لسد الفجوة بين الإنتاج والاستهلاك.

توجد انواع متعددة من تخمرات الحالة الصلبة ويعتمد ذلك التنوع الى نوعية الاحياء المجهرية المستعملة والتي اما ان تكون بشكل مجاميع طبيعية (فلورا) او مزارع نقية او مزارع مختلطة.

1. **التخمرات بوساطة الفلورا الطبيعية:** يتضمن هذا النوع من التخمرات استعمال الفلورا الطبيعية في عمليات انتاج السايلج وفي عمليات تحلل المواد العضوية..اذ ان في انتاج السايلج تستعمل المخلفات الزراعية كوسط للتخمير الذي يتم لاهوائيا، حيث يكون التخمر عند حرارة 30 ° م لمدة 10 الى 15 يوما، تكون انواع بكتريا حامض اللاكتيك هي السائدة كونها تتحمل الضغط الازموزي العالي وان المنتج الاكثر من عملية التخمر هو حامض اللاكتيك الذي يمنع النمو للبكتريا المرضية وكذلك تمنع نمو الاعفان التي تحتاج الى الاوكسجين لادامة نموها وبذلك يكون ناتج التخمر امين الاستعمال والاستهلاك كونه لايتضمن السموم في محتواه. كذلك تستعمل تخمرات الحالة الصلبة في انتاج وسط التنمية للعرهون من المخلفات الزراعية البسيطة.

2. **التخمرات باستعمال المزارع النقية:** وهي حالة التخمير من الحالة الصلبة باستعمال المزارع النقية، وتعد طريقة التخمير كوجي Koji مثالا على هذا النوع من التخمرات، حيث يستعمل في هذه الطريقة تخمير الحبوب وفول الصويا لانتاج الاغذية الشرقية باستعمال نوع العفن *Aspergillus oryzae* وتعد هذه الطريقة هي الاساس في طرائق التخمرات الاخرى كانتاج الانزيمات وانتاج الاحماض العضوية وكذلك انتاج الايثانول.

3. **التخمرات باستعمال المزارع المختلطة:** تستعمل المزارع المختلطة في تخمرات الحالة الصلبة وذلك للوصول الى انتاج المنتج النهائي بكمية اكبر مما في حالة استعمال المزارع المفردة. حيث ان استعمال القش كوسط لانتاج الكتلة الحيوية من قبل مزارع مختلطة من العفن *Chaetomium cellulolyticum* وخميرة *Candida lipolytica* او العفن *Trichoderma lignorum* مع نفس الخميرة يكون اكفا مما في حالة استعمال المزارع النقية من العفن. ان السبب الرئيس في ذلك يمكن ان يعود الى استعمال الخمائر للسكريات الزائدة التي تتحرر من فعل انزيم السيلوليز الذي ينتجه العفن مسببة في منع حصول الكبح الهدمي لهذه السكريات ضد العفن التي تسبب في حالة حصولها الى اتجاه العفن لتكوين السبورات.