

### التخميرات اللاهوائية Anaerobic Fermentations

بعض العمليات التخمرية لا تحتاج الى مستويات عالية من الاوكسجين والتي تحتاج اليه التخميرات الهوائية وبالفعل بعض العمليات التخمرية لا تحتاج الى الاوكسجين مطلقا مثل العمليات التخمرية التي تقوم فيها بكتريا الكلوستريديا Closteridia. وهذه العمليات تسمى بالتخميرات اللاهوائية سواء في بعض الشروط الصارمة او بكتريا تسمى Microaerophilic والتي تحتاج كميات قليلة من الاوكسجين عموما لا تستخدم في الصناعة. وعندما العمليات التخمرية تحتاج للاوكسجين فهي توصف بالتخميرات الهوائية.

والعمليات التخمرية اللاهوائية تختلف في بناءها وتشغيلها تمتاز بماياتي:

- 1-تمتاز بفقدان التهوية القوية من خلال تعرية ضخ الهواء بسبب عدم احتياجها للاوكسجين.
- 2-الاثارة عندما تحدث فهدفها الوحيد هو انجاز توزيع الكائنات والمغذيات والحرارة لكن ليس التهوية. في بعض الحالات الاثارة ممكن ان تكون ضرورية في البداية فقط وان تطور غازات الهيدروجين وثنائي اوكسيد الكربون في المخمر اللاهوائي يمكن يؤدي الى تحريك الوسط.
- 3-الوسط يدفع الى المخمر بينما يكون الاخير حار لمنع امتصاص الغازات و عموما يضح في قاعدة المخمر.
- 4-المخمر نفسه يملأ الى اقصى حد ممكن لاجل تجنب اي فراغات هوائية والتي ممكن ان تكون مصدر للاوكسجين.
- 5-اذا كان الكائن اللاهوائي مرغوب به فان الغازات الحاملة مثل النتروجين يمكن ان ينفخ اثناء التخمر وعلى الاقل في البداية لازالة الاوكسجين.
- 6-بعض المركبات الواطئة في جهدها الاختزالي او التأكسدي مثل السستين cysteine يمكن ان تضخ للوسط.

ويستعمل المخمر النموذجي في كلا التخميرات الهوائية واللاهوائية وفي بعض الحالات يجب اجراء عمليات التخمر الهوائية واللاهوائية في نفس الوعاء لانه بعض مثل تصنيع الكحول تحتاج مراحل هوائية في بداية عملية التخمر والتي تنتج الخلايا باعداد كبيرة اما في المراحل الاخيرة لعملية التخمر فان الكحول سوف ينتج لاهوائيا اي يجب ان تكون مراحل لاهوائية. هناك نوعين من عمليات التخمر اللاهوائي وتشمل عملية تخمر لانتاج الاسيتون- بيوتانول acetone-butanol fermentation وتقوم بهذه العملية بكتريا *Clostridium acetobutylicum* والثانية انتاج لقاح ضد بكتريا الكزاز anti-tetanus toxoid بكتريا *Clostridium tetani*. وكمثال على عمليات التخمر المحبة لكميات قليلة من الاوكسجين هي عملية انتاج حامض اللبن بينما عملية واحدة تكون الظروف في البداية هوائية بينما في النهائية تكون الظروف لاهوائية هي عملية انتاج الكحول. وامثلة اخرى انتاج الدكستران وانتاج 2-3 butylene-glycol.

### انتاج الكحول الايثيلي Ethanol production

استعمالات الكحول الايثيلي Uses of Ethanol

ا- استعماله كوسيط كيميائي : في الصناعات الكيميائية يكون الايثانول مركب متوسط في العديد من العمليات الكيميائية بسبب قدرته التفاعلية الكبيرة ولذلك فهو مركب وسيط ضروري جدا.

ب- استعماله كمذيب اذ يستعمل في الصناعة كمذيب للصبغات والزيوت والشمع والمواد المتفجرو و مواد التجميل الخ.

ج- الاستعمالات العامة : يستعمل الكحول كمطهرات في المستشفيات لاجراض التنظيف والاضاءة في البيوت وفي المختبرات يعد ثانيا بعد الماء كمذيب.

د- استعماله كوقود: الايثانول يخلط مع البترول او زيت الغاز لنسبة 10% ويسمى خليط البنزين ويستخدم في السيارات.

ويعد الكحول الايثيلي سائل ليس له لون متعادل المتحرك قابل للاشتعال مع وزن جزيئي 46.47 ودرجة الغليان 78.3 وطعمه حارق بشدة.

### تبديل صفات الكحول الطبيعية Denatured Alcohol

في كل انحاء العالم الان وفي الماضي الحكومات تحصل على ارباح متأتية من المشروبات الكحولية. ولهذا السبب فان الكحول عندما يستعمل بكميات كبيرة فانه يتعرض الى تبدل بصفاته الطبيعية لتحول الى شراب. وان قاعدة تبدل الصفات الطبيعية للكحول عموما هو 95% كحول مع 5% ماء اما للحروق الموضعية او في المستشفيات الكحول المحور هو يسمى Industrial Methylated Spirits ( IMS) ويتكون من 10% محلول من الميثانول والبايردين و مواد التلوين. وقد يتم تبدل طبيعة الكحول بالكامل بحيث لا يستخدم عن طريق الفم بسبب طعمه الكريه او اضافات ذات رائحة كريهة. او انه خصيصا تحول او تبدل صفاته الطبيعية وذلك عندما يستخدم لاجراض خاصة مثلا تصنيع الخل دون صلاحيته للاستهلاك البشري.

### تصنيع الايثانول Manufacture of Ethanol

يمكن ان يصنع الايثانول اما بالطريقة الكيميائية الصناعية او بالتخمير. لغاية عام 1930 كانت عملية التخمير الطريقة الوحيدة لصناعة الايثانول في عام 1939 مثلا شكلت نسبة الايثانول المصنوع بواسطة التخمير حوالي 75% في الولايات المتحدة الامريكية وفي عام 1968 كانت نسبة الايثانول الذي صنع من الاثلين حوالي 90% . وبسبب الزيادة في اسعار النفط الخام والذي هو مصدر الاثلين المستعمل في صناعة الكحول لذلك فان الاهتمام تحول في العالم لاي انتاج الكحول بواسطة التخمير. تخمرات مشابهة لتلك الكحولية الان تستخدم في بعض الاقطار لانتاج مواد بمرتبة الوقود او مواد الخام الايثانول الكيميائية. ان الانتاج العالمي السنوي للايثانول هو 30 مليار ليتر حوالي 70% ينتج من التخمير والبقية ينتج في معظمه بواسطة زيادة عملية الهدرجة للاثلين. وتقريبا فان 12% من تخمر الايثانول هو مسروبات كحولية و 20% هو للاستعمالات الصناعية المختلفة والبقية 68% هو ايثانول بشكل وقود.

تخمير الكحول له القدرة على انتاج او توفير اثنين من الاحتياجات الضرورية والتي حاليا يوفرها البترول وهي توفير الوقود والمواد الخام المستخدمة في الصناعة الكيميائية. ان انتاج خليط البنزين gasohol (مزيج الكحول مع زيت الغاز) اخذ اهمية كبيرة من استخدام الكحول كمادة خام. ومع هذا فان الاخير هو ايضا ذا اهمية كبرى اذا اسعار النفط استمرت بالصعود.

الدول قد وضعت برامج لغرض المحافظة على النفط والبحث عن مصادر اخرى للطاقة . واحد من اكثر البرامج شهرة ومصمم للاستفادة من مصادر جديدة للطاقة هو برنامج الايثانول الوطني البرازيلي Brazilian National Ethanol Program. والذي انشأ في 1975 وان الطور الاول لذلك البرنامج يهدف الى توسيع كمية زيت الغاز من خلال مزجه مع الايثانول الى حد 20% من الحجم. الولايات المتحدة ايضا قدمت برنامج زيت الغاز بالاعتماد على تخمر الذرة عام 1980 في اعقاب حظر مبيعات الحبوب للاتحاد السوفيتي السابق.

## **مواد الاساس Substrates**

مواد الاساس التي تستخدم في التخمرات اعتياديا تختلف باختلاف اقطار العالم. وهكذا في البرازيل قصب السكر ينمو بشكل واسع في هذا القطر وهو المصدر الرئيسي لتخمر الكحول ومن المخطط له استخدام الكسافا والذرة الحلوة. في الولايات المتحدة كميات كبيرة من الذرة وغيرها من الحبوب تنمو وتعد هذه من مواد الاساس الواضحة لعملية التخمر. من مواد الاساس التقليدية لعملية تخمرات الايثانول وتشمل السكريات البسيطة ومخلفات الالبان. وتلك تحتاج عمليات معالجة قليلة نسبيا. وعلى كل حال استعمال الجذور ودرنات النشأ مثل (الكسافا والبطاطا الخ) تتطلب عمليات معالجة تستهلك طاقة لانجاز التحلل المائي.

الكسافا تنمو في العديد من البلدان الاستوائية وبسبب الانتاجية العالية لها فتعد مصدر ضروري في البلدان الاستوائية في وقت لاينمو قصب السكر فيها. ومن البديهي ان هناك شرطين ضروريين يجب توفرهما قبل تخمر الكحول والتي تلعب دور كبير في الاقتصاد اما كخليط البنزين او كمادة الخام الكيميائية. اولا انتاج المحاصيل المستعملة يجب ان تكون متوفرة لانتاج المحاصيل بدون ازالة الغابات بشكل مفرط وواسع. ثانيا المواد الاساس يجب ان لا تنافس مع غذاء الانسان.

## **عملية التخمر Fermentation**

ان ظروف التخمر لانتاج الكحول هي مشابه لتلك التي سوف توصف في تخمير المشروبات الكحولية لاحقا. الخمائر المقاومة للكحول مثل سلالات من خمائر *Saccharomyces cerevisiae* التي تستعمل في التخمر والمغذيات مثل النتروجين والفوسفيت المفقودة والتي تضاف للوسط.

## **التقطير Distillation**

بعد التخمر المشروبات الكحولية تحتوي الكحول بالاضافة الى مركبات طيارة بنقطة غليان منخفضة مثل الاستلدهايد والاسترولوقود. الكحول يمكن الحصول من خلال العديد من العمليات. اولا البخار يمرر خلال البيرة والتي يمكن ان ينزع البخار من خلالها. النتيجة محلول كحولي مخفف والتي لايزال يحوي جزء من المركبات الطيارة غير المرغوب فيها. ثانيا المحلول الكحولي المخفف يمرر داخل مركز الواح متعددة لعمود الديهايد والتي بعد ذلك الاجزاء سوف تتفصل لاحقا الايستر والالديهايد وخليط من الكحولات والماء وممحلول ايثانول يحتوي على 25% ايثانول. ثالثا محلول الكحول المخفف يمرر داخل عمود معدل حيث خليط الغليان المستمر (an azeotrope) ويقطر الكحول بنسبة تركيز 96.58%. للحصول على 200 درجة من الكحول النقي مثل الذي يستعمل في خليط البنزين gasohol فان الكحول بنسبة 96.58% يحصل عليه بواسطة تقطير الazeotropic. مبادئ تلك الطريقة هي اضافة مذيب عضوي والذي سوق يشكل ثلاثي (ثلاثة مركبات) اي حالة الايزوتروب azeotrope مع الماء ولكن نسبة قليلة من الكحول. يمكن استخدام مركبات مثل البنزين والكاربون

والكلورايد الرباعيوكلوروفورم والهكسان الحلقي cyclohexane ولكن بشكل تجريبي يستخدم البنزين. الايزوتروب عادة تملك نقطة غليان واطنة بالمقارنة من مكوناتها منفردة وتكون للبنزين والايثانول والماء هي  $64.6^{\circ}\text{C}$ . وبالتكثيف ينفصل الى طبقتين العليا تحتوي على 84% من المكثف ويحوي على مركبات بالنسب التالية: بنزين 85% وايثانول 18% وماء 1%. اما الثقيل والجزء السفلي يحتوي على 16% من المكثف ويحوي على المكونات التالية بنزين 11% وايثانول 53% وماء بنسبة 36%. وتجربيا المكثف لايسمح له بالانفصال ولكن ترتيب الصفائح داخل العمود يسمح بانفصال الكحول. اربعة اعمدة تستخدم بصورة عامة الاول لازالة الالديهيد والثاني لازالة خليط الكحولات بينما الثالث والرابع لتركيز الكحول.

## **بعض التطورات في صناعة الكحول Some Developments in Alcohol Production**

بسبب الاهمية الحالية لامكانية الايثانول كوقود وكمواد خام كيميائية وقد اجبت بحوث بهدف تعزيز الطرق التقليدية للانتاج واكثر من هذا وبكل تأكيد سوف ينجز. بعض التقنيات التي تهدف إلى تحسين الإنتاجية هي كالتالي:

1-تطورات سلالات جديدة من الخميرة *Saccharomyces uvarum* والقادرة على تخمير السكر بشكل سريع لتتحمل تراكيز عالية من الكحول وايضا لتشكل الرغوة بسرعة والذي يسمح للجهاز التنظيمي لانتاج الكحول اثناء نمو الخميرة.  
2-استعمال التخمير المفتوح مع اعادة التدوير باستعمال خمائر التليد السريع.

3-تخمير الفراغ المستمر حيث يتعرض الكحول للتبخر بصورة مستمرة تحت ضغط واطي من وسط التخمير.

4-استعمال خميرة *Saccharomyces cerevisiae* المجمدة في اعمدة يمكن تعبئتها بدلا من خزانات المخمرات التقليدية التي تتطلب حركة الخفق الخفيفة لضمان التجانس. ارتفاع الانتاجية يترتب على تركيز خلية العالي.

5-في عملية المزرعة السابقة Ex-ferm رقائق قصب السكر تخمر مباشرة مع الخمائر بدون التعرض الاولي لعصير القصب. رقائق القصب يمكن ان تجفف وتستهلك في خارج فترة موسم انتاج القصب. ويدعى انه لاجابة لاضافة مغذيات كما الحال في دبس السكر molasses لانه المغذيات تنشا من القصب نفسه. وكذلك فان الاستخراج الاكثر اكتمالا للسكر ينتج زيادة 10% من انتاجية الكحول.

6-استعمال بكتريا *Zymomonas mobilis* بكتريا سالبة لصبغة كرام والتي توجد في بعض المشروبات الكحولية الاستوائية بدلا من الخميرة المعروفة. فوائد استخدام تلك البكتريا كالاتي:

أ-معدلات محددة عالية من امتصاص الكلوز وانتاج الكحول مقارنة بتلك المسجلة في الخمائر. ويدعى ان بكتريا *Zymomonas* تنتج ايثانول اكثر بحوالي 300% مرة من كمية الايثانول المنتج بالخمائر في التخمير المستمر مع اعادة التدوير.

ب-انتاجية الايثانول العالية وانخفاض الكتلة الحيوية بالمقارنة مع الخمائر.

ج-بكتريا *Zymomonas* لها القدرة لاحتمال الايثانول باكثر من الاحتمالية في الخمائر ب 16%.

د- بكتريا *Zymomonas* ايضا تتحمل تراكيز الكلوز العالية والعديد من المزارع تنمو في محلول السكر لحوالي 40% (w/v) سكر والتي يجب ان تؤدي الى انتاج عالي للايثانول.

هـ- البكتريا تنمو هوائيا وخلافا لخمائر فانها لاتحتاج للسيطرة باضافة الاوكسجين للبقاء على تراكيز الخلية العالية والمستعملة في اعادة تدوير الخلية.

و-العديد من تقنيات الهندسة الوراثية والتي بالفعل تستعمل في البكتريا يمكن وبشكل بسيط وسهل استعمالها لبكتريا *Zymomonas* لانتاجية عظيمة.