التخمرات الصناعية اللاهوئية :-

1. التخمر الكحولي Alcoholic Fermentation

*انتاج الاثيانول Ethanol production

ينتج الايثانول, اما بالطريقة الكيميائية (خصوصا في بعض الدول المتقدمة), ويتم بتحويل الاثيلين المشتق من البترول او الغاز الطبيعي الى ايثانول في درجات حرارة عالية وبإضافة الماء مع بعض المواد المحضرة . او ينتج الايثانول بواسطة الاحياء المجهرية Microbial Ethanol.

يستخدم الايثانول (الكحول الاثيلي) كمذيب وكمادة مضادة للانجماد فضلا عن كونه مادة اولية تستخدم في صناعة الصبغات والمواد الصيدلانية والمنظفات ومواد التجميل والألياف الصناعية اضافة الى استخدامه كوقود للسيارات.

*يطلق تجاريا على الكحول المقطر Distilled liquor بـ (Prove) ويكون تركيزه اكثر من 15% اما اذا قلت نسبة الكحول الى (6-14)% يسمى الناتج بالنبيذ Wine اما البيرة Beer فيكون تركيز الكحول فيها (3-6) %.

الأحياء المجهرية المنتجة للايثانول:-

تأتي الخمائر مثل خميرة *Saccharomyces cerevisiae* الاختيار الاول في الانتاج التجاري وتنتجه تحت الظروف اللاهوائية مع القليل من النواتج العرضية. وتدخل العديد من العوامل في اختيار الاحياء المنتجة فمثلاً تستعمل الخميرة *S .uvarum* لأنها تتلبد بشكل جيد وهذا يسهل عمليات استخلاص والاسترجاع في نهاية العملية التخميرية.

كما تحدد نوعية المواد الاولية الاحياء الممكنة استعمالها فمثلا المواد الحاوية على السكريات الخماسية تقود الى اختيار احياء تستعمل السكريات الخماسية مثل *Candida utilis*. اما اذا كانت حاويه على سكريات سداسية فيتم استخدام بكتريا *Zymomonas mobilis* والتي تستطيع تخمير السكر بسرعة عالية فضلا على قدرتها على تحمل تراكيز الكحول المتكونة (5-10) % وبعض السلالات يمكن ان تتحمل تراكيز عالية تصل الى (16-20) %.

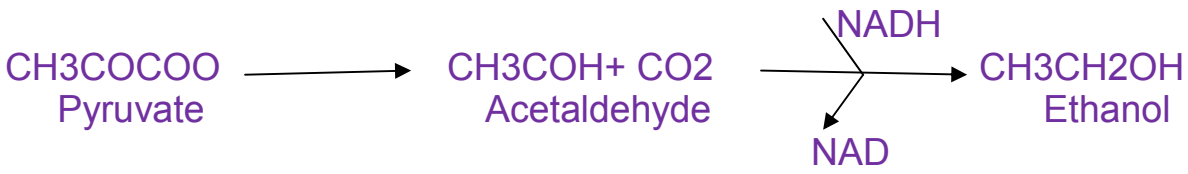
اما وجود السليلوز فيحتاج استعمال الاحياء التي تفكك السليلوز تحت الظروف اللاهوائية منها استعمال انواع من الجنس *Clostridium*, ومن العوامل الاخرى التي تحدد استعمال الكائن المستعمل هو درجة الحرارة فعند استعمال درجات حرارية عالية وجب استعمال احياء مجهرية محبة للحرارة اما عند استعمال درجات الحرارة المعتدلة فيمكن استعمال خميرة الخبز التي تنمو بحرارة 28-30 م

التفاعل الحيوي:

انتاج الايثانول من عمليات التخمر اللاهوائية كالسكريات تخضع في البداية الى دورة تحلل السكر او مايسمى EMP لنتج البايروفات التي تكون الاساس في الانتاج , التفاعل العام يمكن تمثيله بالمعادلة التالية

$$C_6H_{12}O_6 + 2ATP \longrightarrow 2C_2H_5OH + CO_2 + 2ATP$$

وتمر البايروفات الناتجة من مسار التحلل EMP الى عملية أزاله ثنائي اوكسيد الكربون لتحول الى استالديها يد ثم يختزل بمساعدة NADH لإنتاج الاثيانول وفق المعادلة : -



طرق الانتاج:

1.الطريقة المتقطعة

اوما يسمى بطريقة الوجبة الواحدة Batch culture, وتوفر هذه الطريقة فرصة لزيادة الانتاج والابتعاد عن التلوث.يفضل فيها استعمال لقاحات من وجبه سابقه اذ تكون الخلايا فيها متطبعة على الظروف التي ستواجها وتضاف الخلايا بتراكيز عاليه حتى لاتحتاج الخلايا لعمليات نمو وإنما تبدأ الانتاج بسرعة اما المواد الاوليه فتضاف جميعها مرة واحدة .

2-الطريقه ألمستمرة Continuous

تضاف الماده الاوليه في هذه الطريقه مع مواد مدعمه (N.P.K) Phosphor ,Nitrogen, Potassium وتضاف هذه الاملاح بنسبه تتناسب مع كميه السكر في الوسط يمكن بواسطة هذه الطريقه جعل تركيز الكحول اعلى ما يمكن وذلك بسحب الكحول باستمراره بما ان الاوساط التي تزود للتخمير يمكن العناية بها وسحب الاوكسجين منها لضمان عدم تأثير العمليه التخميريه ويمكن التحكم بمعدل سريان المواد الغذائية الداخله وكذلك معدل خروج نواتج التخمر للوصول الى افضل حاله من الانتاج...

*□طوات انتاج الايثانول

1-تحضير المواد الاوليه Ingredient preparation:

الماده الرئيسيه هي الكاربوهيدرات ومنها المولاس وعصير التمر (date syrup)الذي يخفف الى (10-15) % . ويمكن استخدام مواد سكريه معقده مثل النشأ (starch) الذي هو عبارة عن سكر متعدد من الكلوكوز المرتبط بأواصر 1-4 الفا و 1-4 بيتا..في انتاج الكحول بعد تحليله بإحدى الطريقتين :-

1-استخدام الحوامض اللاعضويه : Inorganic acids

مثل حامض HCL وحامض H2SO4 مع الحرارة وتحت ضغط (2 ضغط جوي) فيتحلل النشأ الى سكريات بسيطة ثم يحول الى المخمر وهذه الطريقه غير مفضله لأنها مكلفه .

2-استخدام انزيم الاميليز (Amylases)

تكون هذه الانزيمات مستخلصه اما من النباتات (Plant enzyme) وأحسن نباتات تعطي انزيمات الاميليز هي الحبوب خاصة الشعير (malt) وتكون انزيمات الاميليز مستخلصه من المايكروبات Microbial enzymes وتكون على نوعين :

Bacterial enzymes *bacillus subtilis*
Fungal enzymes *Aspergillus niger*

لاتفضل الانزيمات النباتيه عاده لأنها قد تكون ملوثه بالفطريات فيما تكون الانزيمات البكتيرية جيده ألا انه يفضل استخدام الانزيمات الفطريه .

قبل تعريض النشأ للأنزيمات التي تحتاج الى تكسير حبيباته بالحرارة فعند استخدام طريقه الوجبة الواحدة يسخن النشا مع الماء لدرجه (130-150)م لمده (5 - 15) دقيقة اما في الطريقه المستمرة تكون الحرارة (150-180) لمده (5) دقائق .
بعد التسخين يبرد النشأ داخل المخمر الى (70- 90) م ثم يضاف انزيم amylase فيتحول النشأ الى dextrin بعمليه Liquefactions .

$$\text{Starch} \xrightarrow[\text{Liquefactions (70 -90) C}]{\text{α- amylase}} \text{Dextrin}$$

بعدها يبرد الى درجه حرارة (55) م من ثم يضاف amyloglucosidase حيث يقوم هذا الانزيم بعمليه Saccharification بتقطيع جزيئيه كلوكوز واحده من نهائيه الدكسترين ....

$$\text{Dextrin} \xrightarrow[\text{Saccharification(55 C)}]{\text{Amyloglucosidase}} \text{Glucose}$$

2-التخمر Fermentation
ويتم استخدام خميرة الخبز الضرب *S.cervisiae cltiposides* التي تمتاز بإنتاجيتها العالية من الكحول يتم احتساب اليه التخمر الكحولي وفق المعادله الاتيه : -

$$\underset{180\ Kg}{\text{Glucose}} \longrightarrow \underset{92\ Kg \quad 88\ Kg}{\text{EOH + CO2}}$$

وتمثل القاعدة الاساسيه في حساب تحويل السكر الى ايثانول

ظروف التخمر :
تكون هذه الظروف كما يلي :
الحرارة (30) م او اقل ولمده (2-3) ايام والرقم الهيدروجيني يكون مابين (4-5) وتستخدم لذلك مخمرات كبيرة جدا ويضاف اللقاح الميكروبي بحدود (3-10)%.
اثناء عمليه التخمر (في الساعات الستة الاولى) يسمح للهواء بالدخول لغرض تنشيط الخميرة ونموها وتنتخب سلالات من الخمائر تتحمل تراكيز عاليه من السكر في الوسط الغذائي فضلا عن تحملها تراكيز عاليه من الكحول .

3 - ترسيب وفصل خلايا الخميرة باستخدام اجهزة الطرد المركزي .

4- تقطير الايثانول Distillation:

يسحب السائل الكحولي ذو التركيز (7-10)%ثم يكرر بإمراره بعدد من الاعمده هي :

1- Analyzer column ← % (60-55) EOH
2- Rectifier column ← % (95) EoH
3- Purifier column ← Amyl alcohol , Propyl alcohol
4- Hydro selection ← يستخدم لأغراض طبيعيه وتجميليه
5- Heads column ← Ester , Aldehyde

السائل الكحولي المتخمر ذو التركيز (7-10)% يدعى Slurryحيث يسكب في العمود الاول من الاعلى ويضخ عكسه ومن الاسفل بخار (steam) فيتبخرالسائل الكحولي ويصعد الى الاعلى ثم يبرد ويكثف ويصل تركيزه الى (55- 60)% وهذا يتم في العمود الاول (Analyzer) وإذا اريد زيادة تركيز الكحول ينتقل الى العمود التالي وهكذا ...
وتطلق تسميه Stillageعلى السائل المتبقي من تقطير الكحول وال Stillageعبارة عن مياه فضلات waste water ويصل حجمه الى (15)مرة من حجم الكحول المستحصل عليه .

مخلفات صناعة الكحول :

1. Fusel Oils (Amyl ,Propyl, Butyl alcohol)
2. Stillage
3. Adehyde ,Esters
4. CO2 (50%)
5.Gycerol(3-4)%

يضاف للكحول مواد عامة ولون بحيث يميز فيه المنتوج والغاية من استخدامه ...

انتاج البيرة (الجعة) : Brewing process

يطلق مصطلح brewing على تصنيع مشروب كحولي من حبوب نابتة (Malted grains) مثل القمح والشعير او الرز او الذرة وتعتبر من العمليات المعقده جدا لتكوين منتجات عديدة اثناء التخمر والبعض منها ليست نتيجة النشاط الخميرة ولم يعرف طبيعتها لحد الان لذا معرفه مكونات الوسط والسيطرة الدقيقه على جميع العمليات التصنيعية مهم جدا للحصول على نوعيه ونكهة معينه للمنتج ...

المواد الدا□له في الصناعه : Ingredients

1-Malt الشعير المنبت (المولت) :

مصدر للكربوهيدرات والبروتينات والأنزيمات المحلله للبروتينات والمحللة للنشا (Malt amylase ,Malt proteases) ..

2-المواد المساعده Adjuncts:

مطحون النشا او الذرة او الرز وهي تحتوي على كاربوهيدرات وفقيرة بالبروتينات والأنزيمات وتضاف لتخفيف نسبه البروتينات في ال malt

3- **Hops حشيشه الدينار** :
الاسم العلمي لإزهارها هو *Humulus tupulis* وتستخلص منها مواد نكهة وتعطي المرارة للمنتج منها Tannins الزيوت الطيارة Essential oils والراتنجات (Resins) وأحماض مرة (Bitter acids).

الخمائر Yeats
تستخدم خمائر *Saccharomyces uvarum او النوع الاكثر شيوعا S.carlsbergensis* وهي الخمائر تسمى بخمائر القعر (*bottom yeast*) والتي تنمو في قعر الحوض ويطلق على البيرة الناتجة عنها ب lager Beer ويكون هذان النوعان من الخمائر اكثر قدرة على التخمير من النوع *S.cervisiae* التي تكون من نوع خمائر القمه (Top yeasts)والتي تنمو على سطح السائل وتسمى البيرة الناتجة عن التخمر بهذه الخميرة (Ale beer)

5-المواد المضافة Additives
ومنها المواد المضافة لغرض الانضاج او الترويق والتعقيم مثل المواد المختزله والأحماض العضويه ..

6- الماء Water
يستعمل ماء خالي من العكورة واللون والرائحة والمواد العضويه والميكروبات والمعادن الثقيلة ....

طوات الصناعه Brewing processes

1- النقع Steeping:(12-20) م لمده (2-3) ايام
2- الانبات Germination: (16-21) م لمده (4-6) ايام حيث يتكون جذير صغير (short rootlet)
3-التجفيف Drying: (50)م ورطوبة (5%)
4-التسخين Heating: (80)م
5-السحق والنخل Crushing of malt
تعتبر هذه الخطوة اهم عمليه للحصول على منتج جيد يتم فيها انتاج الانزيمات المحلله للنشا والبروتينات ويتم فيها تكوين المواد التي لها علاقة بالنكهة مثل الببتيدات .....

ثانيا / تحضير وسط التخمير Mashing process:

يتم تحفيز وسط التخمير والمسمى wort

1- Heating of malt Water + Malt ← 40 م
2- Heating of adjuncts: water + Adjuncts ← 40 م
} min 30

يتم اضافه نسبه ثلثين من المولت مع نسبه ثلث مع المواد المساعده الى ماء ساخن لمده نصف ساعة لتنشيط الانزيمات المحلله للبروتينات ...

3-ترفع درجه الحرارة الى 70 م لمده 30 دقيقه لتنشيط الانزيمات المحلله للنشا ويكون pHفي هذه العمليه (5-5.5) ....

4- Filtration: ترشيح ال wort بمرشحات Press filter ويستخدم الراسب كمصدر لعلف الحيوانات ...

ثالثا/اضافه حشيشه الدينار Hops addition

1-يتم غلي wort +hops في احواض خاصة لمده نصف ساعة الى ساعة لأجل
ا- تركيز الورت ب -تعقيمه ت-ايقاف عمل الانزيمات ث -ترسيب المواد الغير مرغوب فيها
ج -استخلاص المواد المهمة من النبات مثل التاتينات التي تساعد على تخثر البروتين وتقتل البكتريا (G+) وتعطي نكهة مرة ورغوة للمنتج وتعمل على طرد O2

2-يضخ الورت غير المصفى الى خزانات ترسيب وتخفض الحرارة الى (60 -70) م

3-يرشح الورت بعدها ثم يبرد بسرعة الى (10-15)

رابعا /عمليه التخمير Fermentation

1- تضاف الخميرة الى الورت المصطفى بنسبه (10^7 خليه /مل) في احواض التخمر المغلقه او تستخدم احواض تخمر مفتوحة وتكون المغلقه مهمة لجمع CO2المتكون واستخدامه
2-يتم الحضن لمده (20-24) يوم تخمير اولي في الحوض الاول / رغوة قليله
3-يضخ الوسط الى حوض مجاور تخمير لمده (2)يوم وبدرجه 12م تتكون رغوة كثيفة من CO2 فترة عمليه التخمير تختلف حسب السلاله والظروف والوسط التخميري وهي تتراوح بين (8-12)يوم عند (6-12)م
4-تتكتل الخمائر في نهاية عمليه التخمر لوصولها الى نقطه Yeast break والناتج هو منتج فيه كحول بين (3-6)%وتسمى Green beer

خامسا"//تنضيج البيرة Beer Maturation

1- تخزن في احواض عند درجه حرارة zero م بفترة من الزمن حوالي 42 يوم وذلك للتخلص من المواد البروتينيه غير الذائبة والرزينات والخمائر والأحماض خلال فترة الخزن وذلك لترسيها في قعر الاحواض وأيضا لتقليل حدة الطعم وكذلك لإنتاج مواد مرغوبة مثل الاسترات ومواد الطعم والنكهة ...

2-ترشيح خلال مرشحات لغرض نقلها من احواض التعتيق (Aging)الى الاحواض النهائيه ....

سادسا//البسترة والتعبئة Pasteurization packing

1-يفحص المنتوج للتأكد من خلوه من الشوائب
2-تضيف كميه CO2 فيها حيث يحقن CO2ليصبح تركيزه (0.5)
3-تبستر بدرجه (55-60)م لمده (15-30) دقيقه او ترشح بمرشحات غشائية
4-تعبأ filling في براميل barrels او زجاجات Bottles او علب Cans

تلوث وتلف المنتوج

قد تنمو بعض انواع بكتريا حامض اللاكتيك مثل *Lactobacillus pastorianus* التي تؤثر على طعم البيرة وحموضتها او *Pediococcus cerevisiae* التي تسبب الحموضة او بكتريا حامض الخليك *Acetobacter* التي تحول الكحول الى خل او قد تصاب ببكتريا القولون او بعض الفاجات او تتلف بتكون بعض المواد العضويه مثل ماده Diacetyl او تتلف بالحرارة العالية او تحدث اكسده داخليه لوجود O2.

انتاج النبيذ Wine Production

النبيذ : هو ناتج التخمر الكحولي بوساطة الخميرة المستهلكة لعصير الفاكهة او المواد عالية المحتوى السكري ونسبة الكحول (6 -14) % . تستخدم فواكه عديدة لتصنيعه مثل الكرز والتفاح والخوخ والأكثر شيوعا هو سكر العنب بنوعيه الاحمر والأبيض .

انواع النبيذ : هناك مجموعتان هما

1. النبيذ غير السكري Dry wine يفقد طعمه للحلاوة بسبب تحول جميع السكر الى كحول
2. النبيذ السكري Sweet wine

المواد الدا□لة في الصناعة :

1. العنب: هناك اصناف كثيرة لتصنيع نبيذ منها *Vitis labrusca* او *Vitis vinifera* . يحتوي العنب على كل مما يلي:

- ماء water
- CHO (25-12) % فركتوز وكلوكوز وسكريات خماسية وبكتين
- مواد نتروجينة Nitrogenous Compounds (0.14 %)
- معادن Minerals: مثل K, Ca, Mg...
- مواد اخرى : مثل الفيتامينات (البايوتين) , التانين Tannins , صبغة حمراء Anthocyanin او مواد عطرية ومنكهات .

2. الخميرة المستخدمة :

هناك ثلاثة مجاميع من الخمائر تقوم بعملية التخمير :

1. التخمير الابتدائي :

هناك انواع كثيرة من الخمائر التي تبدأ بعملية التخمير ولكنها لا تتحمل تركيز كحولي عالي مثل : *Pichia , Candida vini , Torulopsis , Kleochera apiculata* وهذه الخمائر بريه (Wild type)

2- التخمير الرئيسي :

تقوم به الانواع *Saccharomyces cerevisiae* و *S .calsbergensis* و *S.rosei* و *S. bayanus*

3. التخمير النهائي :

تقوم به الانواع التي تتحمل تراكيز عالية من الكحول (وتبقى حتى نهاية التخمر) , *S. bayanus* *S. cerevisiae var cltipsoides*

طرق انتاج النبيذ:

1-الطريقه الطبيعيه Natural method

وتتم عن طريق عصر العنب والحصول على العصير المسمى must بعد ازاله السيقان والبذور ثم يترك يتخمر بصورة طبيعيه بوجود انواع من الخمائر البريه على العنب wild type لذلك محتوى الكحول بهذه الطريقه يكون قليل المنتوج .

2-الطريقه الصناعية الحديثه

وتتم بعده خطوات هي :

1-تحضير العنب للتخمير Crushing the grape:ويتم اختيار العنب الجيد والناضج ويطحن لاستخلاص العصير must وتزال الالوان منه اذا كان المنتوج (نبيذ ابيض)او يترك جلد الثمرة والبذرة مع العصير اذا كان المنتوج (نبيذ احمر)

2-يضاف ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) لمنع الخمائر والبكتريا الغريبة من النمو .

3- التخمير Fermentation:تنمى الخميرة في المختبرات على عصير العنب المعقم وتوفر ظروف هوائيه في المرحله الاولى لإكثار الخميرة بعدها توفر ظروف لاهوائيه لإنتاج النبيذ وبدرجه حرارة (24- 30)م لمده (3-5) يوم ثم ينتقل النبيذ الى حوض اخر ليتخمر بدرجه (28-29)م لمده (7-12) يوم .

4-الترسيب Sedimentation:يفصل النبيذ عن ترسباته ويخزن في مكان بارد .

5-التعتيق Aging:يتم ذلك في خزانات باردة لتكوين نكهة .

6-الترويق Clarifying:يصفى ويرشح ضمن مرشحات خاصة وقد تضاف عوامل مساعده مثل الكازين .

7-التعبئة Bottling: يعبأ في زجاجات ويسوق (النبيذ الابيض)او يعتق مرة اخرى (النبيذ الاحمر).

تلوث وتلف النبيذ :

وقد تنمو البكتريا Acetobacter في النبيذ كما تنمو بكتريا حامض اللاكتيك *Pediococcus cerevisiae* , *Leuconostoc mesenteroides* حيث تكون مواد لزجه بوجود السكروز وتكون الدكسترين وقد تنمو بعض الخمائر مثل انواع *Pichia, Candida*