انتاج خميرة الخبز

تعتبر هذه الصناعة من أقدم الصناعات المايكروبية وذلك بسبب الحاجة الكبيرة إلى كميات كبيرة من خميرة الخبز من أجل صناعة الخبز ألأمر الذي أدى إلى تطور هذه الصناعة بشكل ملحوظ ، حيث يوجد في الوقت الحالي طريقتان رئيسيتان لانتاج خميرة الخبز وهما :

- **طريقة الوجبات Batch method:** وهي الطريقة الاقدم والاكثر انتشارا

- **الطريقة المستمرة Continuous method :** وهي الطريقة الاحدث في إنتاج خميرة الخبز إلا أنها تحتاج إلى تقنية عالٍية وكادر فنٍي مختص من أجل ضبط ظروف الانتاج بالشكل المطلوب مما أدى إلى الحد من انتشار هذه الطريقة مقارنة بطريقة الوجبات.

الشروط العامة الواجب توافرها في إنتاج خميرة الخبز:

1-الخميرة : لقد تم انتخاب سلالات من Saccharomyces وهذا ألامر له أهمية بالغة إذ يمكننا من المحافظة على سلالات ذات صفات زرعيه ثابتة.

ومن أهم الشروط الواجب توافرها في الخميرة:

أ- أن تكون ذات قدرة عالية على تخمر السكريات الموجودة في العجنة .

ب- ذات قابلية للتوزع في الماء بسهولة .

ت- مقاومة للتحلل الذاتي وذات سرعة نمو عالية .

ث- مظهر جيد وقابلية جيدة للتخزين

2- وسط النمو: الوسط المستخدم لاكثار خلايا الخميرة هو المولاس سواء كان مصدره قصب السكر أو بنجر السكر ، ويفضل عادة استخدام مخلوط من مولاس القصب والبنجر.

أ-ويجب أن يحتوي وسط النمو على المواد الكيمياوية الهامة لنمو خلايا الخميرة مثل كبريتات الامونيوم وفوسفات الامونيوم أو فوسفات الصوديوم وحامض الفسفوريك ، *كما يمكن للخميرة أن تستفيد من الامونيا كمصدر للنتروجين.

ب-*كما يجب توافر بعض العوامل الحيوية اللازمة لنمو خلايا الخميرة مثل الفيتامينات والتي من أهمها البيوتين ذو ألاهمية البالغة لنمو الخميرة، ولأن مولاس البنجر يفتقر لهذا الفيتامين في حين يفتقر مولاس القصب جزئيا لحامض البانتوثينيك والاينوسيتول لذلك يفضل مزج لكل من نوعي المولاس السابقين وذلك **لضمان وجود العوامل الحيوية اللازمة** في بيئة النمو . **كما أنه من المعلوم** أن مولاس البنجر **يحتوي على مركبات السلفات** الهامة لخلايا الخميرة.

3 -ضبط رقم الحموضة pH : يجب ضبط رقم حموضة وسط النمو والمحافظة عليها في حدود

5,4- 5 وهي درجة الحموضة المثالية لنمو خلايا الخميرة وتكاثرها ويتم ذلك باستخدام حامض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك أو باستخدام هدروكسيد ألامونيوم أو كربونات ألامونيوم

4 -درجة الحرارة : يجب المحافظة على درجة حرارة التخمر في حدود 32 م لان ارتفاع الحرارة يؤثر

على نشاط الخميرة وبالتالي يتوجب علينا تزويد جهاز التخمر بأنابيب تبريد كافية داخل محيط الجهاز أو التبريد بواسطة المبادلات الحرارية واستعمال معدات تنظيم حرارية آلية . ومن المعروف أن النشاط

الحيوى للخميرة ينتج كمية كبيرة من الطاقة مما يحتم ضرورة التخلص منها حفاظا على نشاط الخميرة.

5 -التهوية : يجب توفير تهوية جيدة داخل خزانات التخمّر لتحويل النشاط الحيوي للخميرة نحو تكاثرالخلايا وليس انتاج الكحول . وتبلغ كمية الهواء الفعلية اللازمة نحو 1.4 قدما مكعبا في الساعة / كيلوجرام من الخلايا ،وعادة يعمد إلى تقليل ضغط الهواء قرب نهاية فترة التخمر وذلك بهدف المساعدة على إنضاج الخلاياً وإبقاء الخميرة على شكل معلق لحين فصلها من الوسط.

أهم الخطوات المتبعة لتهيئة وسط النمو :

يعتبر المولاس غير صالح بحالته الخام لاستعماله كوسط تخمر لانتاج خميرة الخبز صناعيا وذلك

للاسباب التالية :

1- احتوائه على نسبة عالية من المواد الصلبة .

2- احتوائه على مواد نتروجينية وبعض الاملاح .

**وبالتاليً يجب تعديل تركيب المولاس حتى يلائم نمو الخميرة .

وتشمل عملًية التعديل الخطوات التالية:

1 -خفض ال pH للمولاس .

2 -تعقيم المولاس .

3 -تعويض النقص فى بعض العناصروعوامل النمو بالمولاس :

4 -تعديل تركيز السكر بالمولاس .

5 -فرز المولاس .

أولا: خفض ال pH للمولاس :

يتم زيادة درجة حموضة المولاس إلى (PH 2.8 - 3.0) بإضافة حامض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك ، وذلك بهدف القضاء على ألاحياء الدقيقة الملوثة للمولاس ، إلا أن هذه الدرجة المنخفضة من الحموضة تؤثر سلبا في نمو خلايا الخميرة لذا تعدل لتصبح درجة الـ PH 5 وهذه الدرجة المثالية لنمو الخميرة.

ثانًيا: تعقًيم المولاس :

يتم تعقيم المولاس بتعريضه لدرجة حرارة مرتفعة جدا 130-140 م لمدة عدة ثواني ثم يبرد تبريدا سريعا تحت التفريغ .

ثالثا : تعويض النقص فى بعض العناصروعوامل النمو بالمولاس :

من المعروف أن **المولاس الخام غير قادر لوحده** على إمداد خلايا الخميرة باحتياجاتها الغذايية وذلك بسبب **افتقاره لعنصري النتروجين والفسفور** بالاضافة إلى افتقاره لبعض عوامل النمو الاخرى ، مما يحتم علينا تعويض النقص الحاصل في وسط النمو لضمان نمو الخميرة وتكاثرها بالشكل المطلوب ، حيث يتم إضافة بعض المواد المغذية للمولاس مثل سلفات ألامونيوم وفوسفات ثنائية ألامونيوم واليوريا لتعويض نقص النتروجين ، ومن أجل تعويض نقص الفسفور يتم إضافة فوسفات أحادية الصوديوم ، كما يتم إضافة بعض عوامل النمو الاخرى مثل الفيتامينات

رابعا : تعديل تركيز السكر بالمولاس :

يتم تعديل تركيز السكر بالمولاس بواسطة الماء المعالج وذلك بهدف الوصول إلى تركيز السكر المطلوب (40 بالينغ) (والذي يتيح توجيه النشاط الحيوي للخميرة نحو التكاثر في عدد الخلايا .

خامسا : فرز المولاس :

وهًي آخر خطوة من خطوات تعديل المولاس، وتتم باستخدام فرازات المولاس التي تستخدم قوة الطرد

المركزي فًي فصل الرواسب التى تتكون في المولاس وكذلك المواد العالقة فيه والتي لو بقيت ستتاثر بشكل سلبي على كفاءة عمل فرازات الخميرة ، كما أنها ستؤدي إلى خفض مردود اإلنتاج وازدياد فرص تلوث المنتج النهائي .

خطوات إنتاج خميرة الخبز صناعيا:

تشمل عملًة إنتاج خمرة الخباز صناعيا **المراحل التالًية** :

1 -مرحلة الاكثار المعملى .

2 -المرحلة إلانتاجية .

3 -مرحلة فرز الخميرة وتصفيتها

أولا: مرحلة إلاكثار المعملي:

تتم هذه المرحلة داخل المعمل الذي تتخذ فًيه كل إجراءات النظافة والتعقيم تفاديا لأي تلوث قد يلحق بالمزرعة ،الأمر والذي إن حصل سيؤدي إلى خسائر كبيرة فًي المادة الخام الاولية وفي المنتج النهائي وبالتالًي فشل عملًية التصنيع . وتشمل هذه المرحلة الخطوات التالية :

1 -زرع سلالة الخميرة الأم في أنابيب اختبار :

يتم فًي هذه العملية أخد بعض خلايا سلالة الخميرة ألام وزرعها (مثلا 10 مل) وتوضع في دورق يحوي 100مل من المحلول الفسيًولوجي ، ثم يؤخذ 1 مل من هذا المعلق وتحضر تخفيفات متدرجة Serial dilutions ثم يؤخذ 1 مل من كل من أنابيب التخفيف الثلاثة ألاخيرة ، ويلقح فًي ثلاثة أطباق بتري تحوي بيئة صلبه ثم تحضن بدرجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة ، ثم يتم تخطيط 10 أنابيب أجار مائل من المستعمرات المنتقاة

(المفردة) من الاطباق الثلاثة السابقة وتحضن بدرجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة ثم تحفظ في الثلاجة بدرجة حرارة 4 م .

2 - زرع سلالة الخميرة ألام في دورق زجاجي :

يتم في هذه الخطوة أخذ بعض خلايا سلالة الخميرة المزروعة في الانابيب السابقة وزرعها في دورق سعته 50 مل يحوي وسط مستخلص المولتMalt Broth Extract ثم يتم التحضين على درجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة حيث يتكون راسب من سلالة الخميرة ، ثم يتم نقل النمو الخلوي الناتج إلى زجاجة أكبر حجما سعته 100مل لها فتحة فَي الاعلى ويتم سد هذه الفتحة بسدادة قطنية ، ثم يتم التحضين على درجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة .

3 -زرع سلالة الخميرة في وعاء كارلسبرغ :

وهو وعاء مصنوع من الصلب غير القابل للصدأ وله غطاء معدنيً يغلق بإحكام وهو ذو فتحة علوية تسد بسدادة قطنية ، وتبلغ سعة هذا الوعاء 20 لتر. يتم ملء وعاء كارلسبرغ بواسط 2 لتر من المولاس المعدل و1 كلغ من مستخلص المولت ، و10 جرام من فوسفات ثنائية ألامونيُوم ، و2جرام من كبريتات المغنيسيوم ، ثم يكمل الحجم إلى 20 لتر بإضافة الماء المقطر ثم تضبط درجة ال PH على 4.8 ثم تضاف عدة قطرات من المضاد الرغوي agent Antifoam، ثم يغلق الوعاء بشكل محكم ويعقم بواسطة الاوتوكليف بدرجة حرارة 100م لمدة 50 دقيقة ثم يكرر التعقيم مرة أخرى بعد مرور 48 ساعة لضمان منع حدوث أي تلوث ، ثم يبرد إلى درجة حرارة 32م ، ثم يزرع بمزرعة الدورق الزجاجي السابقة ويحضن بدرجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة .

تؤدي هذه العملية إلى الحصول على نمو من الخميرة وزنه نحو 500جرام والذي يعد بمثابة بادئ لتلقيح خزان البادئ النقي فيما بعد .

ثانًيا: المرحلة الانتاجية Productivity steps :

تشمل هذه المرحلة أيًضا عدة خطوات تتضمن:

1- إعداد البادئ النقي .

2-مرحلة الزرع الاولي .

3-مرحلة الزرع الثانية .

4-مرحلة الزرع التجاري.

١- إعداد البادئ النقي Pure culture fermentor seed yeast :

تتم هذه المرحلة فى مخمر البادئ النقي ، وهو خزان حجمه ١٢ متر مكعب مزود بأنبوب حلزوني الشكل يملأ بالماء بهدف تبريد المخمر في حالة ارتفاع درجة حرارة محتوياته ، كما تم تصميمه بشكل يسمح له بإجراء التعقيم الذاتي .

يتم تجهيز المخمر عن طريق غسله بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ، ثم يعقم بواسطة بخار درجة حرارته ١٢٠م لمدة ٣٠ دقيقة ، يعقب ذلك ملء المخمر ب١٢٠٠لتر من محلول المولاس المعدل و٧٠٠ لتر من الماء المعامل بالكلور و٢٠ لتر من محلول ١٠% فوسفات ثنائية الأمونيوم، و١٠ لتر من محلول ١٠% كبريتات الأمونيوم و٢ لتر من المضاد الرغوي .

تخلط المكونات السابقة بشكل جيد بواسطة المقلب وتضبط درجة الحموضة بواسطة إضافة حمض الكبريتيك بشكل آلي بحيث تبلغ درجة ال PH ٤.٩ ثم يغلق المخمر بإحكام بتسخين محتوياته على درجة ١٢٠م لمدة ٣٠ دقيقة ثم يبرد إلى درجة حرارة تتراوح بين ٣٠-٣٢م ، ثم يتم تلقيحه بمزرعة وعاء كارلسبرغ التي تم إعدادها سابقا .

يجب المحافظة على درجة حرارة محتويات مخمر البادئ النقي بحدود ٣٠-٣٢م طوال مدة التخمر والتي تستمر مابين ١٨-٢٠ ساعة ، مع مراعاة أن يكون الوسط لاهوائيا في الساعات الثلاثة الأولى بهدف تشجيع خلايا الخميرة على إنتاج الكحول الإيثيلي ضمانا للتعقيم ، ثم يهوى الوسط بإمرار الهواء المعقم بشكل مرحلي .

تتراوح نتائج التخمر النهائية في هذه المرحلة مابين ٢٠٠-٢٥٠كج من الخميرة .

٢- مرحلة الزرع الأولي fermentor generation Yeast :

تتم هذه المرحلة ضمن مخمر سعته ٦٥متر مكعب ، حيث تتم تجهيز هذا المخمر بنفس الخطوات السابقة المتبعة في مخمر البادئ النقي ، ثم يتم تبريده إلى درجة حرارة ٣٠م ، ثم تنقل إليه محتويات مخمر البادئ النقي بشكل كامل بواسطة مضخة مارة بالمبادلات الحرارية للمحافظة على درجة الحرارة بشكل ثابت (٣٠م) ، ثم تتم عملية إضافة المولاس والمواد المغذية والمضاد الرغوي ضمن تنسيق مرحلي وذلك باستعمال أجهزة تحكم آلية .

يبدأ التخمر بإدخال الهواء المعقم إلى المخمر بواسطة جهاز فرنكس وذلك بشكل متدرج حيث تزداد حاجة خلايا الخميرة للهواء مع تقدم عملية التخمر، وتستمر مدة التخمر في هذه المرحلة نحو ١٧ ساعة ، وينتج عنها نمو قدره نحو ٣٠٠٠كج خميرة .

٣- مرحلة الزرع الثانية generation Yeast fermentor:

يتم إنجاز هذه المرحلة ضمن مخمر آخر أكبر حجما من السابق حيث تبلغ سعته ١٥٥متر مكب ، تتم عملية تجهيز المخمر كما في السابق ، ثم تنقل محتويات المخمر السابق إليه بشكل كامل ، ثم يضاف المولاس والمواد المغذية والمضاد الرغوي بشكل مماثل للمرحلة السابقة إلا أن هذه المرحلة تتميز عن سابقتها بازدياد حاجة الخميرة للهواء لذلك تزداد كمية الهواء الداخلة إلى خزان التخمر مقارنة مع المخمر السابق .
يستمر التخمر في هذه المرحلة لمدة ١٨ ساعة ، فينتج معلقا من الخميرة والذي يمرر بدوره خلال الفرازات فنحصل على مركز الخميرة والذي يقدر وزنه بنحو ١٨ طن ثم يجري تخزينه بدرجة حرارة منخفضة (٤م) وذلك فى تنكات مبردة .

٤- مرحلة الزرع التجاري Commercial yeast :

يتم إنجاز هذه المرحلة في خزان التخمر التجاري والذي يتم تجهيزه كما في السابق ، ثم يتم تجزئة مركز الخميرة الناتج إلى عدد من الأجزاء حيث يستعمل كل جزء منها كبادئ لتلقيح المخمر التجاري ويختلف عدد المخمرات التجارية من مصنع لآخر .
يتم إضافة المولاس والمواد المغذية والمضاد الرغوي إلى المخمر التجاري كما في السابق ثم يضاف جزء من مركز الخميرة الذي تم تجزئته ثم تضبط درجة حرارة المخمر التجاري على ٣٠م ودرجة ال PH له على ٤.٨-٥ .
يستمر التخمر في هذه المرحلة مدة تتراوح ما بين ١٧-٢٠ ساعة وتكون فيه إضافة المواد إضافة مستمرة وكذلك الأمر بالنسبة للتهوية ، وينتج في نهاية التخمر نحو ١٧طن من الخميرة .

ثالثا: مرحلة فرز الخميرة وتصفيتها separation and Centrifugal yeast filtration :

يتم في هذه المرحلة من مراحل إنتاج خميرة الخباز فرز ناتج خزان التخمر التجاري بواسطة الفرازات ، ثم يغسل ويبرد بإمراره من خلال المبادلات الحرارية ثم يجري تخزينه في تنكات المبردة .
تجري عملية تصفية الخميرة المفروزة باستعمال جهاز الترشيح الدوراني تحت تفريغ Rotary vacuum filter والذي يحتوي على منخل معدني مثقب مغطى بطبقة من نشاء البطاطا (بسماكة معينة) لحجز الخميرة ومنع مرورها من خلال الثقوب بينما تسمح بمرور الماء إلى داخل الاسطوانة ليطرح خارجا .
تنتقل الخميرة المصفاة إلى قسم التعبئة لتعبأ في قوالب ، حيث تغلف الخميرة الطرية المضغوطة آليا ثم تعبأ في علب كرتونية

الشروط الواجب توافرها فِّي الخميِّرة :

١ -أن لا تزيد نسبة الخلايا الغريبة عن 1 %

2 -أن لا تزيد نسبة الخلّايا الميتة عن 3 %

3 -لا تقل قوة التخمر عن cm1600 من Co_2 خلال ثلاث ساعات مقاسة بجهاز الفرمنتوغراف. .

4 -لا تقل قوة رفع العجينة عن 325 فِّي مدة لا تزيد عن 130 دقيقة بدرجة حرارة 30م .

5 -يجب أن تحتفظ بلونها ورائحتها وقوامها مدة لا تقل عن أربعة أُيام إذا حفظت على درجة حرارة تتراوح بّين 20-25م .

الصفات العامة للخمرة :

١ -لونها أبيض مائل قليلا إلى الصفرة .

2 -ذات طعم ورائحة مميزين ، وأن تكون خالية من أي إصابات أو عفن ظاهري أو داخلي .

3 -ذات قوام متماسك نصف صلب وتنكسر عند تعرضها لضغط خفيف .

أهم الاختبارات التي تجرى على الخميرة (المنتج النهائي) :

يتم إجراء عدة اختبارات على المنتج النهائي للخميرة (بهدف تحديد قوتها التخمرية ومدى موافقتها للمواصفات القِّياسية المتبعة.

١ -تقدير قوة تخمر الخميرة الطرية

2- الفحص المجهري للخميرة

3-اختبار لون الخمرة الطرية