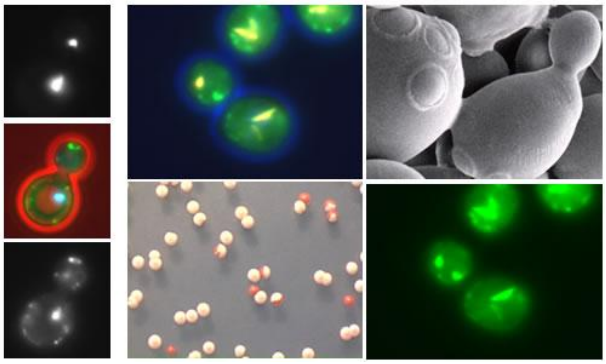
بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة دنقلا
كلية الزراعة والطب البيطري
قسم التقانة الحيوية



انتاج خميرة الخباز product of Baker's Yeast
(Saccharomyces cerevisiea)

خالد احمد الوشلي

إشراق عائض الصياد

خالد محمد السراجي

ديسمبر 2010

مقدمة:

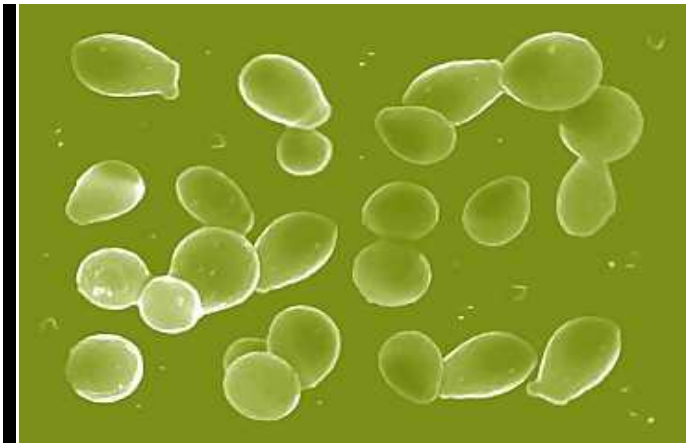
الخميرة:

مادة تؤدي إلى تخمر العجين أثناء صنع الخبز، وتحدث تأثيرها بتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يصدر فقاعات تخفف اللون ويمدد العجينة أثناء عملية الخَبْز، ويجعلها ترتفع إلى أعلى ويزداد حجمها. وتُستَخدم الخميرة أيضًا في إنتاج الجعة والنبيذ والعديد من المشروبات الكحولية. وتتكون الخميرة المُستخدمة تجاريًا من تجمعات من كائنات الخميرة المجهرية أحادية الخلية .وعلى الرغم من وجود أكثر من 600 نوع من الخمائر إلا أن القليل منها فقط له استخدامات تجارية.

تتكاثر الخميرة بسرعة وتنمو بدرجة جيدة خاصة في البيئة المحتوية على سُكَّر. تتكاثر الخميرة بالانقسام (انقسام الخلية الواحدة إلى خليتين) أو بالتبرعم. وأثناء التبرعم ينتفخ جزء من جدار الخلية ويُكوِّن نموًا جديدًا يُسمى البرعم. وينفصل هذا البرعم بعد ذلك ويكون خلية جديدة مستقلة.

وكان الإنسان حتى عام 1876م يصنع الخبز والجعة والنبيذ بدون أن يتفهّم أو يعي الدور الذي تؤديه الخميرة في صناعة هذه المنتجات. وفي ذلك العام (1876م)، أفاد العالم الفرنسي لويس باستير أن الخميرة كائن حي وأنها تؤدي دورًا مهمًا في صناعة البيرة.

وبدأ إنتاج الخميرة على نطاق تجاري كصناعة مستقلة في النصف الثاني من القرن التاسع عشر واستخدامها كميكروب نقي غير ملوث في تخمير العجين حيث انشئ اول مصنع في اوهايو Ohio بالولايات المتحدة الامريكية عام 1886م لانتاج خميرة الخباز كمنتج رئيسي وكانت قبل ذلك مرتبطة بصناعات التخمير الاخرى مثل صناعة الكحول والمشروبات الكحولية حيث كانت تجمع رواسب خلايا الخميرة بعد انتهاء فترة التخمير كمنتج ثانوي Byproduct وتعبأ وتستخدم كخميرة طازجة في تخمير العجين وكان يعاب عليها انها منخفضة الحيوية وذات قوة تخميرية متدنية وفي النصف الثاني من القرن العشرين تعددت وتطورت صناعة خميرة الخباز وكثرت مصانع الخميرة في كثير من دول العالم التي تعتمد على التكنولوجيا الحديثة واستخدام الحاسب الآلي في التحكم وتوفير جميع الظروف المثلى لأنتاج خميرة ذات كفاءة عالية في تخمير العجين. وقد وصل الانتاج العالمي الى مايقرب من 2بليون طن سنويا في الآونة الاخيرة



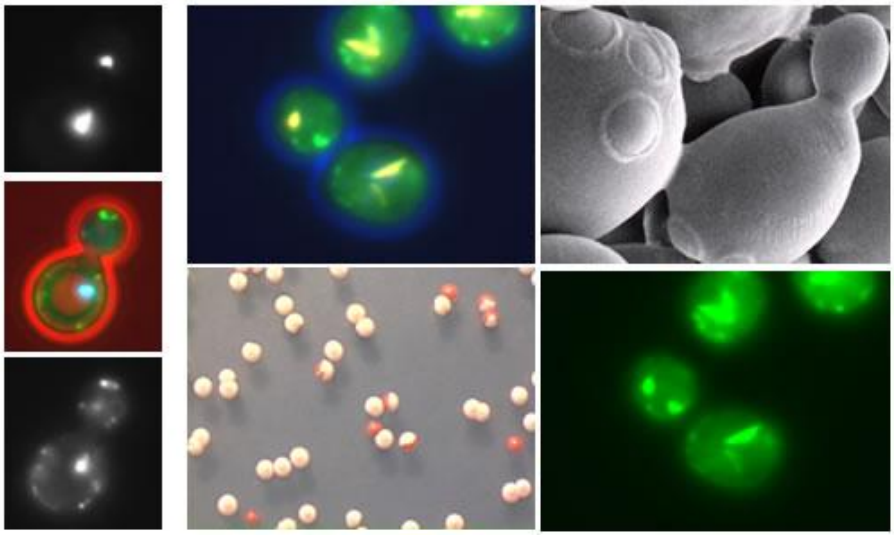
** الصفات الفزيقية لانواع جنس saccharomyces المهم للاغذية:

Nutrient	Saccharomyces cerevisiae	S Carlsthgbnsis	Sfragilis cutlis	C. tropicalis
Gulcose	+	+	+	+
Galactose	+	+	+	+
Sucrose	+	-	+	+
Lactose	+	+	-	-
Xylase	-	-	+	+
Kno3	-	-	-	-
Ethanole	+	- +	+	-
Maltose	+	+	+	+
Average size	**5×9**	**7×9 4×6**	**4×7**	**7×9**

+ = تشير الى التمثيل (النمو)

+ - =تشير الى ضعيفة النمو

- =تشير الى انه لايحدث نمو



**كيفية التعرف على الخميرة:

التعرف على خميرة الاغذية يعتمد على الصفات المظهرية لها ولمستعمراتها وصفاتها البيوكيميائية وتكوين السبورات وعددها ولابد من عزل هذة الخمائر من الاغذية التالفة لدراستها حيث يستخدم وسط malt extract agarمع خفض قيمة الاس الهيدروجيني لمنع نمو البكتيريا وتحضن لعدة ايام على 25 درجة مئوية حيث تظهر مستعمرات دائرة أو بيضوية أو غير منتظمة الشكل وعادة لون المستعمرات ابيض الى كريمي وبعضها وردي .

**كيف تستخدم الخميرة:

تفتقر فطريات الخميرة إلى الكلوروفيل (مادة اليخضور)، وهي المادة الخضراء التي يستخدمها النبات لتكوين غذائه .لذلك، فإن الخميرة تعتمد على مصادر خارجية للحصول على الغذاء. تتغذى الخميرة بالسكر الناتج من المصادر الطبيعية المختلفة مثل الفاكهة والحبوب والعصائر والمولاس .تُنتِج خلايا الخميرة مركبات كيميائية تُسمى إنزيمات، أو مخمرات، لها القدرة على تحليل غذاء الخميرة. تنتج أنواع مختلفة من الخمائر أنواعًا مختلفة من الإنزيمات .وبعض الإنزيمات تُكسِّر السكَّريات إلى كحول وغاز ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية التخمر.
وتقوم هذه العملية بدور مهم في إنتاج الخبز والبيرة والنبيذ .تُستَخدم في صناعة الخبز خميرة تجارية تسمى الروبة تعمل على تخمير الخبز ورفعه، وهي المادة المسؤولة عن جعل العجينة ترتفع ويزداد حجمها. يتم تصنيع الخبز من خلط المكونات الأساسية مثل الدقيق والماء، أو الحليب والملح والخميرة. يوفر الدقيق كميات قليلة فقط من السكَّر اللازم لعملية التخمير. ولذلك فإن الخبازين يضيفون بعض الإنزيمات الخاصة التي تحلل جزءًا من النشا في الدقيق إلى سكَّر. وللإسراع في عملية التخمير ،فإن الخبازين قد يضيفون بعض السكر إلى العجينة. تقوم الخميرة بتحليل السكر إلى كحول وغاز ثاني أكسيد الكربون، وتُحتجز فقّاعات غاز ثاني أكسيد الكربون في مركّب في العجينة يسمى الجلوتين
.ومع تمدد الغاز، فإن الجلوتين يتمدد ويسبب ارتفاع العجينة إلى أعلى.
ويتبخر الكحول الناتج أثناء عملية التخمر بفعل الحرارة أثناء الخبيز، وكذلك

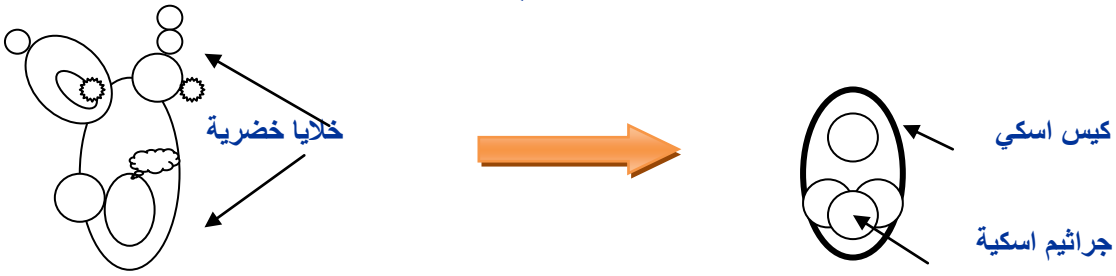
فإن حرارة الخبيز تُكَسِّر خلايا الخميرة.

تعتبر هذه الصناعة من أقدم الصناعات الميكروبية وذلك بسبب الحاجة الكبيرة إلى كميات كبيرة من خميرة الخباز من أجل صناعة الخبز الأمر الذي أدى إلى تطور هذه الصناعة بشكل ملحوظ ، حيث يوجد في الوقت الحالي طريقتان رئيسيتان لإنتاج خميرة الخباز هما :

- طريقة الوجبات method Batch وهي الأقدم والأكثر انتشارا .
- الطريقة المستمرة Continuous method وهي الطريقة الأحدث في إنتاج خميرة الخباز إلا أنها تحتاج إلى تقنية عالية وكادر فني مختص من أجل ضبط ظروف الإنتاج بالشكل المطلوب مما أدى إلى الحد من انتشار هذه الطريقة مقارنة بطريقة الوجبات ..

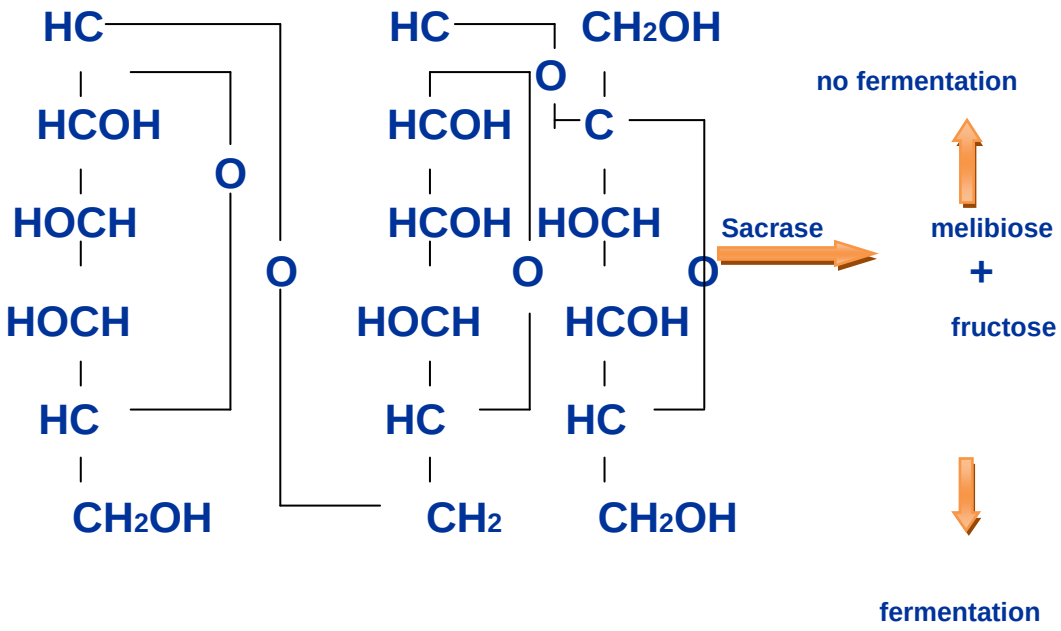
** الخميرة المستخدمة في إنتاج خميرة الخباز:

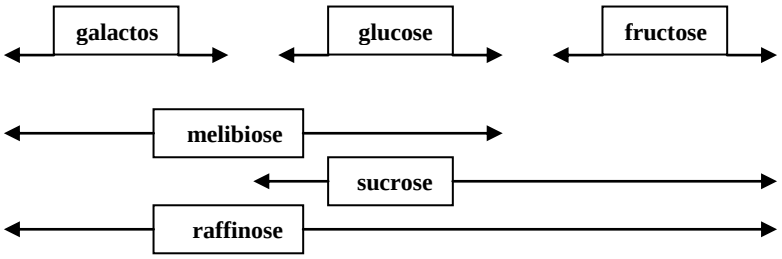
يستخدم في إنتاج خميرة الخباز نوع من الخميرة الاسكية التابعة لعائلة saccharomyctaceae وهي تسمى saccharomyces cerevisia ويوجد منها عديد من السلالات التي تختلف في قوتها التخميرية ويطلق عليها الخميرة القمية (يحدث اثناء التخمير تجمع الخميرة على السطح والذي يمكن كشطة من على السطح بعد انتهاء فترة التخمير)وهذة الخميرة تستخدم بعض سلالاتها لانتاج بيرة ايل ale-type وبعضها في إنتاج خميرة الخباز baker's yeast وتتميز هذة الخميرة بان خلاياها بيضاوية oval shaped أو كروية spherical (3-6 × 6-10 ميكرومتر) ثنائية المادة الوراثية (Dipolid- 2N) أي انها طور كامل تتبرعم من جميع النواحي لاتكون هيفات كاذبة تكون جراثيم اسكية كروية الشكل داخل اكياس اسكية (1-4 جثومة لكل كيس) لتحول الخلية الخضرية 2N مباشرة تحت ظروف خاصة الى كيس اسكي ونادرا مايحدث تجرثم داخل المخمر اثناء إنتاج خميرة الخباز مادامت الظروف مناسبة للنمو الخضري



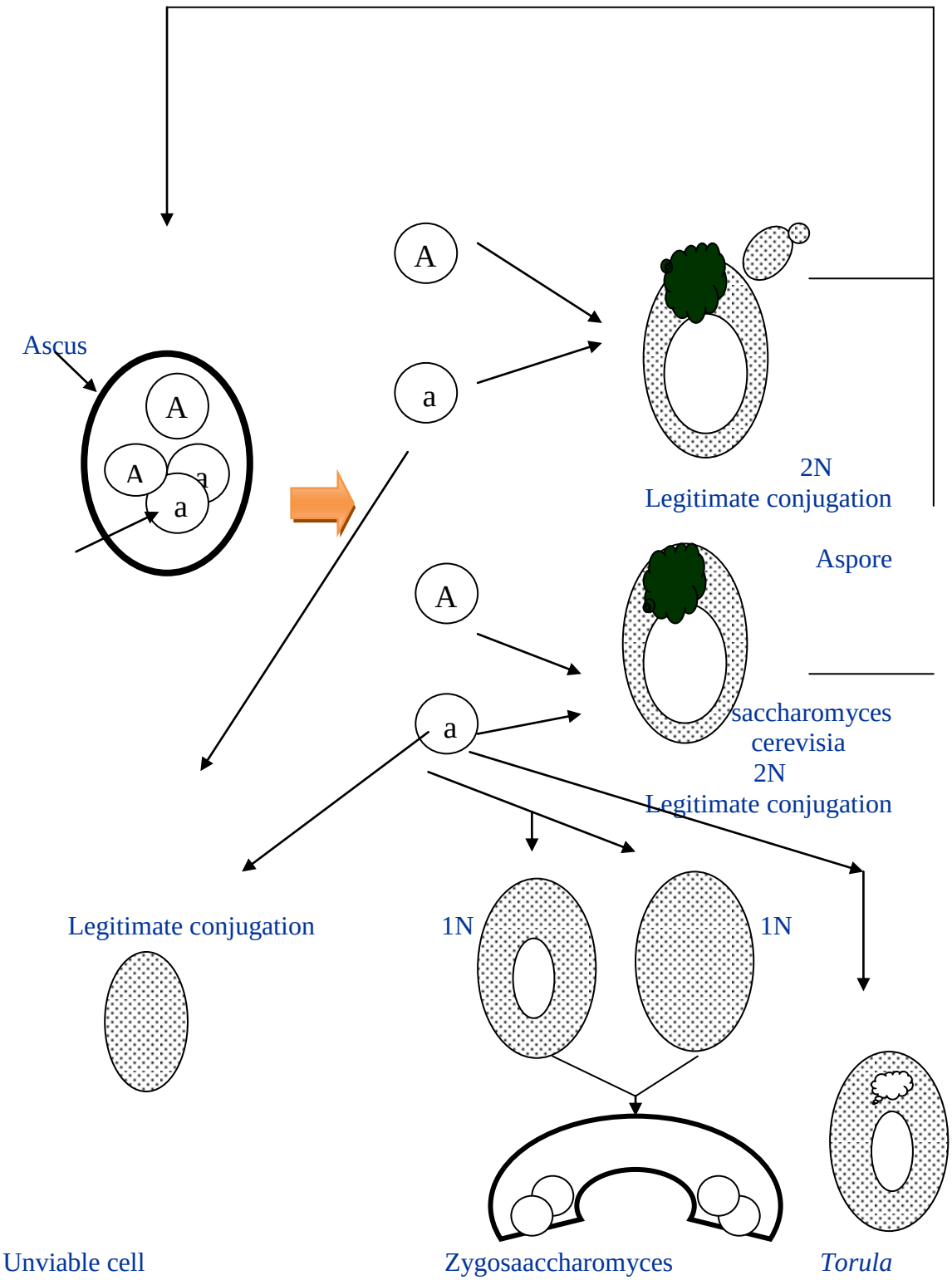
وتخمر خميرة الخباز كل من سكر الجلكوز والجلكتوز والسكروز والمالتوز ولاتخمر سكر اللاكتوز ولاتمثل النترات كمصدر وحيد للكربون ولاتحلل

الاسكولين Asculin . ويمكن تمييز خميرة الخباز عن الانواع الاخرى التابعة للـ Saccaromycesبقدرتها على تخمير ثلث سكر الرافينوز Raffinose لانها تفرز انزيم السكريز(انفريز) Sucrase فقط الذي يحلل الرافينوز الى فركتوزFructose
ومليبيوز Melibiose (يحلل الجزئ من ناحية السكروز) ويدخل الفركتوز في عملية التحلل الجلكوليGlycolysis مكونا كحول وثاني اكسيد الكربون ويتبقى المليبيوز بدون تخمير





Saccharomyces cerevisiea دورة حياة خميرة



**المواد المستخدمة في إنتاج خميرة الخباز:

1-وسط النمو:

يستخدم كلا من مولاس سكر القصب ومولاس بنجر السكر على نطاق واسع في إنتاج خميرة الخباز على مستوى دول العالم لما يتميزان به من محتوى عال من السكريات القابلة للتمثيل بواسطة خميرة saccharomyces cerevisia علاوة على احتوائهما على بعض الفيتامينات والأملاح المعدنية المهمة في إكثار الخلايا كما إنهما من المواد الخام المتوفرة (من مخلفات المصانع) ورخيصة الثمن مما يقلل من تكلفة الإنتاج .
واستخدام مولاس البنجر يؤدي الى إنتاج خميرة لونها كريمي فاتح (اكثر قبولا في السوق التجارية) عن تلك الناتجة من مولاس القصب (لون كريمي قاتم) حيث تدمص بعض المركبات الملونة على اسطح خلايا الخميرة والتي تتطلب زيادة مراحل الغسيل للتخلص من المواد اللاصقة على اسطح الخلايا.
ومن عيوب مولاس البنجر احتواؤه على نسبة منخفظة من البيوتين (0.01-0.02مجم/جم) ووجود مركب البيتينbetaine (مركب نيتروجيني) الذي لايتم تمثيلة بواسطة الخميرة وبالتالي يخرج مع السائل المتخمر ضمن مخلفات المصنع مما يزيد من خطورتة كملوث للبيئة حيث يزيد من المتطلب الاكسجيني Biological oxygen Demand(BOD) وقد يستخدم مركب برميات الشرش المحلل Hydrolyzed cheese whey permeate (من مخلفات مصانع الالبان) حيث أن خميرة Sacch. Cerevisia لاتمثل سكر اللاكتوز الموجود في الشرش العادي لافتقارها لانزيم *B*-galactosidase ولكن كفاءتها الانتاجية منخفظة كثيرا عن المولاس لذلك يفضل خلطة بالمولاس.
ويجب تدعيم المولاس بمصدر نيتروجيني ومصدر فوسفاتي بالتركيز المناسب حتى يكون هناك اتزان بين الكربون:النيتروجين:الفوسفور اثناء تغذية الخميرة.
(ولاتزال الدراسات مستمرة من اجل تحسين الوسط الملائم لنمو خميرة الخبز عن طريق اضافة المدعمات أو اضافة بكتيريا تجهيز الوسط بمواد منشطة لنمو الخميرة مثل بكتيريا Lactobacillus delbrueckii حيث أن بعض مصانع خميرة الخبز تستخدم هذة البكتيريا بتنميتها على وسط الشعير (Grain malt medium) على درجة حرارة 50م حيث يحصل تخمر

لاكتيكي والحامض الناتج يمنع التلوث البكتيري ويشجع نمو الخميرة عند اضافتها بعد اضافة وجبة مولاس لوسط النمو)

2-المواد الغذائية:

وتمثل المركبات العضوية والأملاح اللازمة لتوفير العناصر الضرورية لتغذية الخمائر وهي:

آ-عنصر الكربون ومصدره السكريات الأحادية والثنائية، والمواد غير السكرية العضوية كالأحماض الأمينية وكذلك المواد العضوية الموجودة في المولاس.

ب-عنصر النيتروجين ومصدره الأمونيا وكبريتات الأمونيوم وفوسفات الأمونيوم والبروتينات الذائبة كالببتايد والببتون الموجودة في مولاس الشمندر ويمكن الحصول على أكبر كمية من الخميرة بتقليل كمية السكر واستعمال مركبات النيتروجين بكميات أكبر وضمن حدود خاصة .

ج-عنصر الفوسفور ومصدره فوسفات ثنائي الأمونيوم أحادية الهيدروجين وهو عنصر أساسي في تركيب الخمائر وبدونه لا يمكن الحصول على الخميرة بالكميات المطلوبة.

د-المغنسيوم ويساعد في زيادة كميات الخميرة ويضاف إلى أحواض التخمر بشكل كبريتات المغنسيوم.

ولقد دلت التجارب العلمية على أن لوجود بعض الفيتامينات تأثيراً كبيراً على إنتاج الخميرة وهي:

1-البايوتين 0.29 جزء/ مليون.

2-البانتوثين 0.50 جزء /مليون.

3-الإينوسيتول 1200 جزء/مليون.

ويحوي مولاس الشمندر على نسب معقولة من البانتوثين والإينوسيتول ولاحتواء مولاس القصب على البايوتين فعليه يفضل في إنتاج خميرة الخبز مزج مولاس الشمندر بحوالي 20 % مولاس قصب السكر هذا ويفضل استعمال مولاس الشمندر(البنجر) في إنتاج خميرة الخبز عن مولاس القصب.

3-درجة الحرارة:

للحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر الخمائر فقد دلت التجارب العلمية على أن أحسن الظروف الحرارية الملائمة لعملية التخمير هي أن تبدأ العملية بدرجة حرارة26-25 مْ.

4-درجة الPh :

يجب السيطرة على درجة الـ Ph للمحلول داخل المفاعلات وجعله من 4 إلى 4.5 وهي درجة الحموضة المثالية لنمو خلايا الخميرة وتكاثرها ويتم باستخدام حمض الكبريت أو حمض كلور الماء أو باستخدام هيدروكسيد الامونيوم أو كربونات الامونيوم علماً بأن كمية الخميرة الناتجة تتأثر كثيراً بتغير الحامضية، هذا ويصبح لون الخميرة الناتجة غامقاً إذا انخفضت درجة Phالمحلول عن 3.

5- التهوية :

من المعروف أن الخميرة تعمل على تخمير السكريات في الشوط الهوائية منتجة الكحول الإيثيلي ولما كان الهدف من هذه العملية هو إكثار خلايا الخميرة فيجب توفير تهوية جيدة داخل خزانات التخمير لتحويل النشاط الحيوي للخميرة نحو التكاثر .
وتبلغ كمية الهواء الفعلية اللازمة نحو 1.4قدما مكعبا في الساعة / كيلو غرام من الخلايا وعادة يعمد إلى تقليل ضغط الهواء قرب نهاية فترة التخمير وذلك بهدف المساعدة على إنضراج الخلايا ولإبقاء الخميرة على شكل معلق لحين فصلها من الوسط .

**أهم الخطوات المتبعة لتهيئة وسط النمو :

المولاس هو الوسط المستخدم لإكثار خلايا الخميرة ولكن يعتبر المولاس في المقابل غير صالح بحالته الخام لاستعماله كوسط تخمر لإنتاج خميرة الخباز صناعيا وذلك بسبب:
- احتوائه على نسبة عالية من المواد الصلبة .
- احتوائه على مواد نيتروجينية وبعض الأملاح .
وبالتالي يجب تهيئة المولاس بهدف ملائمتة لنمو الخميرة ، وتشمل عملية التهيئة الخطوات التالية:
1- تحميض المولاس .
2- تعقيم المولاس .
3- إغناء المولاس .
4- تمديد المولاس .
5- فرز المولاس .

أولا: تحميض المولاس :

يتم خفض درجة حموضة المولاس إلى PH 3-2.8 بإضافة حمض الكبريت أو حمض كلور الماء وذلك بهدف القضاء على الأحياء الدقيقة الملوثة للمولاس ، إلا أن هذه الدرجة المنخفضة من الحموضة تؤثر سلبا في نمو خلايا الخميرة لذا تعدل لتصبح PH5= وهي الدرجة المثالية لنمو الخميرة.

ثانيا: تعقيم المولاس :

يتم تعقيم المولاس بتعريضه لدرجة حرارة مرتفعة جدا 130 - 140 م لمدة عدة ثواني ثم يبرد تبريدا خاطفا في قدر مفرغ .

ثالثا : إغناء المولاس:

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

رابعا : تمديد المولاس :

يتم تمديد المولاس بواسطة الماء المعالج وذلك بهدف الوصول إلى تركيز السكر المطلوب (40 بالينغ) والذي يتيح توجيه النشاط الحيوي للخميرة نحو التكاثر .

خامسا : فرز المولاس:

وهي آخر خطوة من خطوات تهيئة المولاس وتتم باستخدام فارزات المولاس التي تعمل على مبدأ التأثير بقوة الطرد المركزي والهدف من هذه العملية هو فصل الرواسب المتشكلة في المولاس وكذلك المواد العالقة فيه والتي لو بقيت ستؤثر بشكل سلبي على كفاءة عمل فارزات الخميرة ، كما أنها ستؤدي إلى خفض مردود الإنتاج وازدياد فرص تلوث المنتج النهائي.

**الشروط الواجب مراعاتها أثناء إنتاج خميرة الخباز :

أ- استخدام سلالات من الخميرة سريعة النمو وذات قدرة ثبات عالية وتتحمل التخزين لمدة طويلة وأن تكون ذات قدرة عالية على تخمير السكريات الموجودة في الطحين ونفخ العجين (Dough raising power) .
ب- ذات قابلية للتوزع في الماء بسهولة .
ج- مقاومة للتحلل الذاتي وذات سرعة نمو عالية .
د- ذات مظهر جيد وقابلية جيدة للتخزين.
ه- أن يكون تركيز السكر في المخمر مناسبا لإنتاج كتلة حيوية وغير مناسب لانتاج الكحول وان يكون معامل التنفس ثابتا اثناء فترة التخمير (لايزيد عن واحد) وهذا يدل على أن السكر يتم اكسدته هوائيا.

**خطوات إنتاج خميرة الخباز صناعيا:

تشمل عملية إنتاج خميرة الخباز صناعيا المراحل التالية :
1- مرحلة الإكثار المخبري .
2- المرحلة الإنتاجية .
3- مرحلة فرز الخميرة وتصفيتها .

أولا: مرحلة الإكثار المخبري:

تتم هذه المرحلة ضمن المخبر الذي تتخذ فيه إجراءات النظافة والتعقيم تفاديا لأي تلوث قد يلحق بالمزرعة الأم والذي إن حصل سوف يؤدي إلى خسائر كبيرة في المادة الخام الأولية وفي المنتج النهائي وبالتالي فشل عملية التصنيع .
وتشمل هذه المرحلة الخطوات التالية :
1- زرع سلالة الخميرة الأم في أنابيب اختبار : يتم في هذه العملية أخذ بعض خلايا سلالة الخميرة الأم وزرعها في دورق يحوي 100 مل من المحلول الفيزيولوجي ، ثم يؤخذ 1 مل من هذا المعلق وتحضر تمديدات متدرجة Serial dilutions ثم يؤخذ 1 مل من كل أنبوب (تمديد) من الأنابيب الثلاثة الأخيرة ويزرع في ثلاثة أطباق بتري تحوي وسط زرعي صلب ثم تحضن بدرجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة ، ثم تزرع 10 أنابيب تحوي أغار مائل اعتبارا من المستعمرات المنتقاة من الأطباق الثلاثة السابقة وتحضن بدرجة حرارة 32م 48 ساعة ثم تحفظ في الثلاجة بدرجة حرارة 4م .
2- زرع سلالة الخميرة الأم في وعاء Freuden-Reich : يتم في هذه

الخطوة أخذ بعض خلايا سلالة الخميرة المزروعة في الأنابيب السابقة وزرعها في دورق سعته 50 مل يحوي وسط مستخلص المولت Malt Extract Broth ثم يتم التحضين على درجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة حيث يتكون راسب من سلالة الخميرة ، ثم يتم زرع النمو الخلوي الناتج ضمن وعاء أكبر حجما وهو وعاء Freuden-Reich سعته 100مل وهو وعاء مصنوع من الزجاج وله غطاء مفتوح من الأعلى 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 الغير قابل للصدأ له غطاء معدني يغلق بإحكام بواسطة روابط حلزونية الشكل وهو ذو فتحة علوية تسد بسدادة قطنية ، وتبلغ سعة هذا الوعاء 20 لتر.

يتم ملء وعاء كارلسبرغ بوسط زرعي مكون من 2 لتر من المولاس الذي تمت تهيئته ، و1كغ من مستخلص المولت ، و10غرام من فوسفات ثنائية الأمونيوم ، و2غرام من كبريتات المغنيزيوم ، ثم يكمل الحجم إلى 20 لتر بإضافة الماء المقطر ثم تضبط درجة الحموضة علىPH4.8 ، ثم تضاف عدة قطرات من المضاد الرغوي agent Antifoam ، ثم يغلق الوعاء بشكل محكم ويعقم بواسطة الأوتوكلاف بدرجة حرارة 120م 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 وعاء Freuden-Reich ويحضن بدرجة حرارة 32م لمدة 48 ساعة .

تؤدي هذه العملية إلى الحصول على نمو خمائري وزنه نحو 500غرام والذي يعد بمثابة بادئ لزرعه في خزان البادئ النقي فيما بعد .

ثانيا: المرحلة الإنتاجيةProductivity step :

تشمل هذه المرحلة أيضا عدة خطوات تتضمن:

1- إعداد البادئ النقي .
2- مرحلة الزرع الأولي .
3-مرحلة الزرع الثانية .
4-مرحلة الزرع التجاري.

1- إعداد البادئ النقي yeast Pure culture fermentor seed :

تتم هذه المرحلة ضمن خزان البادئ النقي ، وهو خزان حجمه 12 متر مكعب مزود بأنبوب حلزوني الشكل يملأ بالماء بهدف تبريد الخزان في حالة

ارتفاع درجة حرارة محتوياته ، كما تم تصميمه بشكل يسمح له بإجراء التعقيم الذاتي .
يتم تهيئة الخزان عن طريق غسله بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ، ثم يعقم بواسطة بخار درجة حرارته 120م لمدة 30 دقيقة ، يعقب ذلك ملء الخزان ب 1200لتر من محلول المولاس المعالج ، و 700 لتر من الماء المعالج بالكلور ، و 20 لتر من محلول فوسفات ثنائية الأمونيوم 10% ، و 10 لتر من محلول كبريتات الأمونيوم 10% ، و2 لتر من المضاد الرغوي .
تخلط المكونات السابقة بشكل جيد بواسطة جهاز مزود بمروحة ، وتضبط درجة الحموضة بواسطة إضافة حمض الكبريت بشكل آلي بحيث تبلغ درجة الحموضة PH4.9= ، ثم يغلق الخزان بإحكام وتسخين محتوياته على درجة 120م لمدة 30 دقيقة ثم يبرد إلى درجة حرارة تتراوح بين 30-32م ، ثم يتم زرعه بمزرعة وعاء كارلسبرغ التي تم إعدادها سابقا .
يجب المحافظة على درجة حرارة محتويات خزان البادئ النقي بحدود 30-32م طوال مدة التخمر والتي تستمر مابين 18-20 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 200-250كغ من النمو الخمائري .

2- مرحلة الزرع الأولي Yeast fermentor generation :

تتم هذه المرحلة ضمن مخمر سعته 65متر مكعب ، حيث تتم تهيئة هذا المخمر بنفس الخطوات السابقة المتبعة في خزان البادئ النقي ، ثم يتم تبريده إلى درجة حرارة 30م ، ثم تنقل إليه محتويات خزان البادئ النقي بشكل كامل بواسطة مضخة مارة بالمبادلات الحرارية للمحافظة على درجة الحرارة بشكل ثابت (30م) ، 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 17 ساعة ، وينتج عنها نمو خمائري قدره نحو 3000كغ .

3- مرحلة الزرع الثانية generation Yeast fermentor:

يتم إنجاز هذه المرحلة ضمن مخمر آخر أكبر حجما من السابق حيث تبلغ سعته 155متر مكب ، تتم عملية تهيئة 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 18 ساعة ، فينتج معلقا من النمو الخمائري الذي يمرر بدوره خلال الفارزات فنحصل على مركز الخميرة والذي يقدر وزنه بنحو 18 طن ثم يجري تخزينه بدرجة حرارة منخفضة (4م)وذلك ضمن غرف مبردة .

4- مرحلة الزرع التجاري Commercial yeast :

يتم إنجاز هذه المرحلة ضمن خزان التخمر التجاري والذي يتم تهيئته كما في السابق ، ثم يتم تجزئة مركز الخميرة الناتج إلى عدد من الأجزاء حيث يستعمل كل جزء منها كبادئ لزرع خزان التخمر التجاري (مخمر تجاري) 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 30م ودرجة حموضته على PH5-4.8= .
يستمر التخمر في هذه المرحلة مدة تتراوح ما بين 17-20 ساعة وتكون فيه إضافة المواد إضافة مستمرة وكذلك الأمر بالنسبة للتهوية ، وينتج في نهاية التخمر نحو 17طن من الخميرة .

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

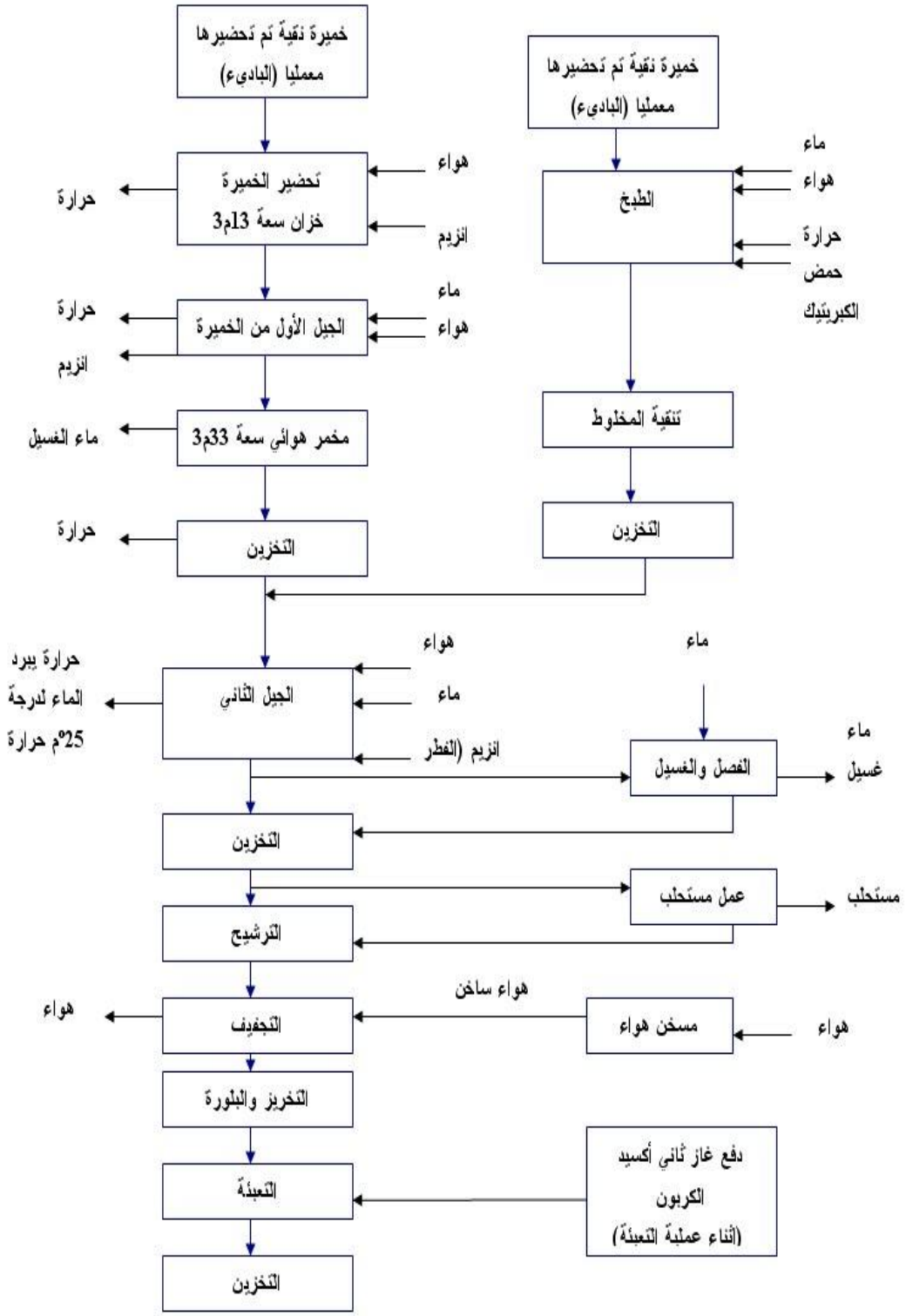
يتم في هذه المرحلة من مراحل إنتاج خميرة الخباز فرز ناتج خزان التخمر التجاري بواسطة الفارزات ، ثم يغسل ويبرد بإمراره من خلال المبادلات الحرارية ثم يجري تخزينه الغرف المبردة .
تجري عملية تصفية الخميرة المفروزة باستعمال جهاز الترشيح الدوراني تحت تفريغ Rotary vacuum filter والذي يحتوي على منخل معدني مثقب 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 .

**المواصفات القياسية لخميرة الخباز:

* الاتزيد نسبة النيتروجين الكلي عن 8% حتى تزادد قوة حفظها وزيادته عن ذلك تؤدي الى زيادة محتواها من البروتين مما يزيد سرعة فسادها.
* يجب أن تكون ذات قوة تخميرية عالية Gassing power ويتم تحديد ذلك بحساب كمية ثاني أكسيد الكربون اثناء تخمير كمية محددة من السكر ويجرى ذلك باضافة 5جرامات من خميرة جافة الى نصف لتر ماء يحتوي على 10% جلوكوز في زجاجة محكمة القفل يخرج منها انبوبة تتصل بزجاجة اخرى مملوءة بالماء والتي يخرج من قاعها انبوبة متصلة بمخبار مدرج لقياس كمية الماء المزاح والتي تمثل كمية الغاز الناتجة من التخمير ويتم التحضين لمدة ساعة عند 30م وتتراوح كمية الغاز الناتجة من 150الى 400 مل/ساعة.
وقد يجرى هذا الاختبار على العجين وذلك بوضع حجم معين منة (ملقح بالخميرة) في مخبار مدرج وحساب كمية الزيادة في حجم معين من الساعة وقد يستخدم المانومتر المتصل بوعاء به كمية محددة من العجين الملقح ومحكم الغلق ويتم تحضينة عند30م لمدة ساعة ثم يتم قراءة المانومتر لتحديد كمية الغاز الناتجة.
* أن تحتوي خلايا الخميرة على نسبة عالية من الكربوهيدرات المخزنة مثل الجلايكوجين وسكر التريهالوز Trehalose (سكر ثنائي غير مختزل يتكون من 2 جزيء جلوكوز 1-1 رابطة جليكوسيدية) وهذة المواد تعمل على استمرار التنفس الداخلي للخلية مما يزيد من فترة حيويتها وقوة حفظها ويمكن التحكم في ذلك اثناء التنمية باستخدام بيئة غذائية نسبة الكربون إلى النيتروجين أعلى من(1:8) مما يتيح للخلايا استغلال الجزء الزائد من مصدر الكربون في تخزين المواد الكربوهيدراتية وفي نفس الوقت ينخفض مستوى البروتين في الخلية (يلاحظ أن نسبة 1:8 مناسبة لتخليق كتلة حيوية غنية بالبروتين وفقيرة في الكربوهيدرات المخزنة)
* انخفاض نسبة الميكروبات الملوثة مثل البكتيريا والفطريات.
* أن تكون ذات لون وطعم ورائحة مقبولة.
* يراعى عند فصل الخلايا من سائل التخمير أن تكون في نهاية الطور اللوغاريتمي حتى تكون ذات لون واحد ومتزامنة synchronized cells حتى تنشط في وقت واحد عند استخدامها في عملية التخمير.

* أن يكون محتواها عاليا من فيتامينات مجموعة ب-المركبة مثل الرايبوفلافين والنياسين ويتم ذلك باستخدام مواد خام غنية بهذة الفيتامينات مثل مولاس قصب السكر ومولاس بنجر السكر حيث تقوم الخميرة اثناء اكثارها بامتصاص هذة الفيتامينات من المادة الخام وتجميعها داخل خلايها ووجود هذة الفيتامينات في الخميرة يزيد من القيمة الغذائية للخبز.


خميرة نقية تم تحضيرها معمليا (البادىء)
خميرة نقية تم تحضيرها معمليا (البادىء)
تحضير الخميرة خزان سعة 13م3
هواء
انزيم
حرارة
الطبخ
ماء
هواء
حرارة
حمض الكبريتيك
الجيل الأول من الخميرة
ماء
هواء
حرارة
انزيم
تنقية المخلوط
مخمر هوائي سعة 33م3
ماء الغسيل
التخزين
حرارة
التخزين
الجيل الثاني
هواء
ماء
انزيم (الفطر)
حرارة يبرد الماء لدرجة 25م حرارة
ماء
الفصل والغسيل
ماء غسيل
التخزين
عمل مستحلب
مستحلب
الترشيح
التجفيف
هواء ساخن
هواء
مسخن هواء
هواء
التخريز والبلورة
التعبئة
دفع غاز ثاني أكسيد الكربون (أثناء عملية التعبئة)
التخزين

**انواع خميرة الخباز:

الخميرة المضغوطة compressed yeast:

تجمعالخلايا بعد ترشيح السائل المتخمر أو بواسطة الطرد المركزي مع غسلها بالماء جيدا ثم تضغط في قوالب أو مكعبات وزنها يتراوح مابين 0.5-1 كجم وزن رطب ثم تغلف بورق شمع أو بالسلوفان وتحفض وتسوق عند 5-10م نظرا لسرعة فسادها ومدة صلاحيتها Expairy date قصيرة لاتعدى اسبوعا من تاريخ الانتاج وذلك نظرا لارتفاع معدل التنفس الداخلي Endogenous respiration للخلايا مما يؤدي الى هدم الكربوهيدرات وغيرها من المواد المخزنة في الخلايا أي يحدث تحلل ذاتي للخلايا Autolysis ويؤدي ذلك الى ارتفاع معدل موت الخلايا (يزداد بزيادة فترة التخزين) وهذا بدوره يؤثر على كفاءة الخلايا في تخمير العجين.

ويتعرض هذا النوع من الخميرة للتلوث بميكلروبات مختلفة مثل *Bacillus,micrococcus* وبعض الفطريات مما يؤثر على جودتها.

الخميرة الجافة النشطة Active dry yeast:

نظرا لتعرض الخميرة المضغوطة للفساد السريع اثناء تداولها أو تخزينها فقد اتجهت المصانع الى إنتاج خميرة جافة لها قوة حفظ عالية وطويلة علاوة على انخفاض تكاليف النقل والتخزين واولى الطرق التي استخدمت في التجفيف هو خلطها بالنشا بنسبة 5:1 ثم تركها في الهواء لتجف.

وتستخدم حاليا غرف خاصة يمرر بها تيار من الهواء تتراوح درجته من28-40م ويوجد داخل الغرف سير أو حزام دوار من القماش على سطحه الخميرة الرطبة وتتوقف سرعته على الفترة اللازمة لتعويض الخلايا للتجفيف وهي تتراوح مابين 8دقائق الى ساعتين وتحتوي الخلايا على حوالي 8-10%رطوبة وتتميز هذة الخميرة بقدرتها على البقاء في صورة حية لفترات تخزين تصل الى سنة اذا حفظت عند درجة حرارة منخفظة (10-15م) وتقل هذة الفترة الى 6شهر عند(25-30م).

وعند استخدام هذة الخميرة يجب أن تنشط بوضعها في محلول سكري لمدة 10-15 دقيقة قبل اضافتها للعجين وقوتها التخميرية منخفضة مقارنة بالخميرة المضغوطة(160-180مل).

*الخميرة الجافة النشطة الفورية Instant active dry yeast :

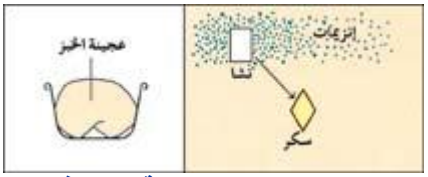
وهي خميرة جافة نشطة تحتوي على 4-5% رطوبة وقوتها التخميرية تصل الى 230- 340مل وهي تعبأ في اكياس من الالمنيوم أو الصفيح تحت تفريغ أو في وجود غاز خامل Inert gas وتصل فترة صلاحيتها الى اكثر من عام وتضاف هذة الخميرة الى العجين مباشرة بدون تنشيط.

**خطوات تخمير العجين:

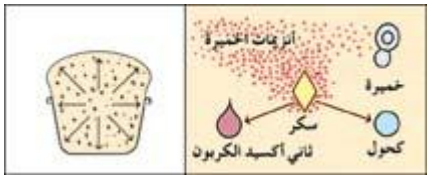
يخلط الدقيق بالماء ويضاف اليه 0.25-2%خميرة ويتوقف ذلك على نوع الخميرة (يجب أن تنشط إذا لم تكن خميرة فورية) ويعجن جيدا ثم يحضن في مكان دافئ (30-35م) ويترك لمدة 1-1.5ساعة ويحدث أثناء فترة التحضين أن تنشط مجموعة انزيمات الاميليزز Amylases الموجود في الدقيق وكذلك الناتجة من بعض الميكروبات الموجودة في الدقيق محولة جزء من نشا الدقيق الى سكر المالتوز وسكر الجلوكوز

$$(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11}+C_6H_{12}O_6$$

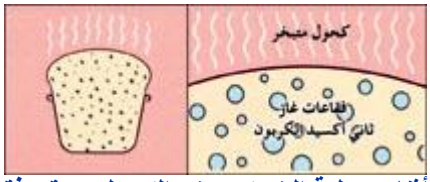
وتقوم الخميرة بتخمير هذة السكريات علاوة على بعض السكريات الموجودة اصلا في الدقيق مكونة غاز ثاني اكسيد الكربون وكحول الايثانول ويرتفع العجين نتيجة لتكوين غاز ثاني اكسيد الكربون الذي يكون فجوات داخل العجين(holes) ويساعد على ذلك وجود الجلوتين Glutin الذي يعطي مطاطية اثناء التخمير مكونا الشكل الاسفنجي ويزداد ذلك اثناء وضع العجين في الفرن لاعداد الخبز (تزداد جودة الدقيق بزيادة نسبة الجلوتين به) ويتبخر جزء من الكحول اثناء اعداد الخبز في الفرن والجزء الاخر يتفاعل مع الاحماض العضوية المتكونة من بعض الميكروبات الاخرى مكونة استرات مما تكسب الخبز طعما ونكهة مقبولتين



الإنزيمات تضاف إلى عجينة الخبز في بداية مراحل صناعة الخبز. تقوم الإنزيمات بتحليل النشا إلى سكر .



الخميرة تفرز الإنزيمات التي تحلل السكريات إلى كحول وغاز ثاني أكسيد الكربون. وترفع فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون العجينة وتزيد حجمها



أثناء عملية الخبيز يتبخر الكحول وتبقى فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون في الخبز وتجعله هشا وتعطيه ملمسًا لينا وبنية هوائية خفيفة .

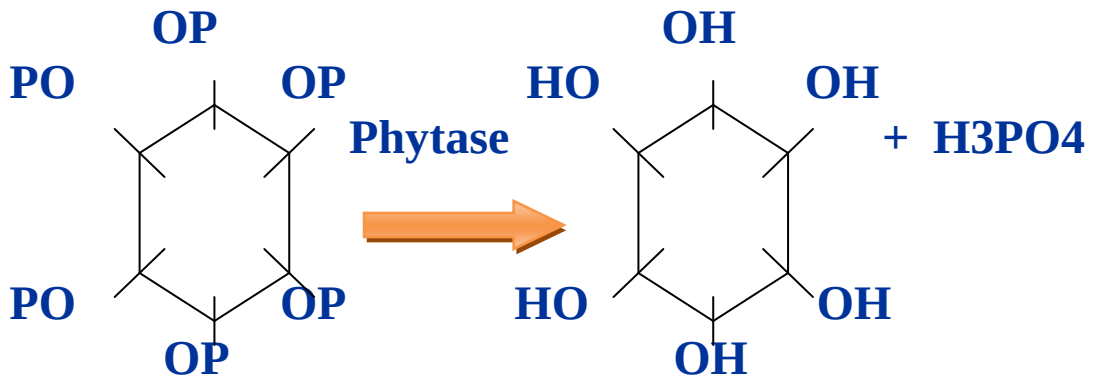
$$CH_3-CH_2 + CH_3-COOH \rightarrow CH_3-\underset{\displaystyle O}{\underset{|}{C}}-CH_2 + H_2O$$

Ethanol Acetic acid Ethyl acetate(ester)

وليست فقط عملية إنتاج co2 هي التي تعطي القوام والنكهة للخبز بل نشاط الخميرة نفسها بدليل أن اضافة أي مصدر كيميائي لانتاج co2 في العجين مثل packing powder لايعطي النكهة نفسها للخبز. لذلك تختار سلالات خميرة جيدة لها قابلية إنتاج انزيمات المالتيز وInvertase وZymase للاسراع في عملية تخمر العجين وتحويل السكريات الثنائية الى احادية ثم الى كحول وثاني اكسيد الكربون.

وقد تستعمل بعض المواد الكيميائية لتخمير العجين المستخدم في صناعة الحلويات مثل مسحوق الخبز Backing powder وهو يتكون من مواد كيماوية مثل كربونات الصوديوم وبعض الاملاح الاخرى مثل فوسفات الصوديوم وهي تضاف للعجين اثناء اعداده وعند وضعة في الفرن فان الحرارة تعمل على تصاعد ثاني اكسيد الكربون من هذة الاملاح . ويستخدم مسحوق الخبيز في حالة العجين الذي لايحتاج الى فترة تخمير أو يحتوي

على نسبة عالية من السكر مثل بعض الحلويات(Cakes) والتي تؤثر على نشاط الخميرة.
ويحتوي الدقيق العالي الاستخلاص على نسبة عالية من الفيتين phytin (الخبز الاسمر أو خبز البر أو الخبز البلدي اوز الخبز البني) ويؤدي تناول كمية كبيرة من الخبز المحتوي على الفيتين الى انخفاض معدل امتصاص الكالسيوم والمغنسيوم والحديد بواسطة الامعاء في جسم الأنسان.
واثناء تخمير العجين بواسطة سلالات خاصة من خميرة الخباز وبعض الميكروبات الاخرى وجد انخفاض في كمية الفيتين في العجين ويرجع ذلك الى قدرة هذة الميكروبات على افراز انزيم phytase الذي يحلل هذا المركب الى قدرة فوسفور واينوزيتولInositol



Phytic acid(Inosital hexaphosphoric acid) Inostital phosphoric acid

تحلل الفيتين بواسطة خميرة الخباز

وتعتمد كمية الخميرة المضافة على الوقت ودرجة الحرارة وعندما يراد الاسراع في عملية التخمير تضاف كمية اكبر من الخميرة. درجة حرارة تخمر العجين عادة 28-32م ويتخمر العجين في وقت مابين ساعتين وخمس ساعات. وقد يخمر بمرحلة واحدة(dough process striahgt) أو بمرحلتين وتسمى (sponge and dough process) بتخمير جزء قليل منه ثم اضافتة للجزء المتبقي حيث أن الطريقة الاولى تحتاج خميرة اكثر لكنها اسرع واسهل والطريقة الثانية خميرة اقل وقوام الخبز احسن .
وقد يستخدم في بعض انواع الخبز خليط من البكتيريا والخمائر لانتاج خبز حامض (sourdough bread) وهو خبز شائع جدا في اميركا واوروبا حيث يستخدم في انتاجه خمائر Sacch. Exiquas ونوع مقاوم للحموضة

Sacch. Inusitatue وخميرة Torulopsis helmii وبكتيرا حامض اللاكتيك Lactobacillus sanfransisco حيث لهذة البكتيريا صفة تخمير اللاكتوز ولاتخمر السكريات الاخرى حيث تكون هذة البكتيريا حامضي اللاكتيك والخليك لتحمض العجين ،،،،،،،،،،،،.

المراجع:

- **ميكربيولوجيا التخمرات لـــــ د.الشحات محمد**
- **الاحياء المجهرية في الاغذية : د.رشيد محجوب**
- **أساسيات التقنية الاحيائية سميث جون**1978