التقنية الحيوية ٢ Biotechnology2

المحاضرة ٣ Lecture 3

انتاج خميرة الخبز Production of Baker's Yeast

المرحلة الرابعة – قسم علوم الاغذية

مقدمة:

يعد الخبز من اهم المنتجات الغذائية على الاطلاق، اذ انه يعد الغذاء الاول لمعظم شعوب العالم، وعادة تصنع معظم انواع الخبز من عجين متخمر بواسطة خميرة الخبز، وقد تطورت الدراسات حول الخمائر وامكانية استخدامها في الصناعة وبالذات في عمليات التخمر، ويعد انتاج خميرة الخبز احد اهم واقدم تطبيقات التقنية الحيوية على المستوى الاقتصادي.

في الماضي كان الاعتماد على ابقاء قطعة من العجين من الوجبة الحالية لغرض استعمالها في تخمير العجين في الوجبة اللاحقة، لكن هذا التطبيق كان سلبيا بسبب عدم تجانس وجبات العجين و بطء نمو الخميرة في الوجبة اللاحقة مع انتاج عجينة حامضية مع فقدان في خصائص المرونة والمطاطية، ولهذا الاسباب كان من الواجب انتاج خميرة الخبز ذات المواصفات المقبولة والقابلية الخزنية الجيدة.

السلالات المستعملة وحفظها:

تستعمل بصورة عامة خميرة الخبز المعروفة وهي *Saccharomyces cerevisiae* النقية او المهجنة مع الخميرة S. rosei للحصول على صفات معينة، ويمكن ان تحفظ السلالات المستعملة اما باحدى طرق التجفيف او بالتجميد مع اضافة الكليسرول كمادة واقية من اثار التجميد، ويستخدم ايضا التبريد كطريقة للحفظ قصير الامد، ويمكن اطالة مدة الحفظبتغطية الخميرة بزيت البارافين، كما يمكن حماية الخميرة من الغزو البكتيري باضافة بعض انواع المضادات الحيوية وخفض الرقم الهيدروجيني للوسط الذي تحضر فيه الخميرة.

اشكال الخميرة المستعملة في صناعة الخبز:

١- الخميرة المضغوطة

٢- الخميرة الجافة

مقومات انتاج خميرة الخبز

ان انتاج الخميرة هو افضل مثال على انتاج الكتلة الحيوية (Biomass) ، ونظرا لان المطلوب زيادة في كتلة الخلايا فان المادة الاولية المستعملة في تصميم وسط النمو تشكل حجر الاساس في مثل هذه الصناعة. ويمكن اجمال مقومات انتاج الخميرة بما يأتي:

اولا. تركيب وسط الانتاج، ويتضمن مصادر الكاربون والنتروجين وعوامل النمو والاملاح.

١. مصادر الكاربون، ومن اهمها:

أ. المولاس: وهو الناتج العرضي لصناعة السكر من البنجر او القصب، ويمثل اكثر المواد الاولية في الاستعمال نظرا لتوفره ورخص ثمنه، لكنه يتصف ببعض السلبيات كونه مادة عرضية غير مستقرة التركيب ويحوي على العديد من المكونات غير المرغوب بها، فمثلا يجب معاملة المولاس بالحامض لازالة الكبريتيدات ويسخن لدنترة البروتينات والتخلص منهاويخفف من حوالي ٥٠ بركس الى ٢٠ – ٣٠ بركس، ومن الواجب اجراء عملية الترويق (وبالذات اجراء الترشيح) لازالة المواد الصلبة وتقليل الرغوة وزيادة كفاءة استخدام الاوكسجين ، ويؤدي ذلك الى سهولة ازالة الماء من الخمائرالمحصودة وامتلاك الناتج النهائي اللون المرغوب.عند تعقيم المولاس يفضل استخدام درجة حرارة عالية ووقت قصير لتقليل تاثيرات الحرارة، ويفضل خلط ٢٠ % مولاس قصب مع *٠ % مولاس بنجر.والفروق بين النوعين هي:

مولاس القصب	مولاس البنجر
١-يعطي لونا داكنا للخميرة الناتجة مما يستوجب غسل الخميرة عدة مرات	١- يعطي خميرة ذات لون فاتح
٢- يحتوي على كميات جيدة من البايوتين (٠,٥ – ٠,٨ جزء بالمليون) لذلك يجب اضافته الى وسط التخمر	٢- ينقصه البايوتين (٠,٠١ – ٠,٠٢جزء بالمليون)

٣- يحتوي على كمية اقل من النتروجين ٣- يحتوي على ١,٥ % نتروجين، ويحوي على ال Bitin الذي لاتستطيع الخميرة استخدامه مما يسبب التلوث في معامل انتاج الخميرة

٤- يروق بسهولة بواسطة الترشيح بالفخار الدايتومي ٤- يصعب ترويقه بالترشيح لذلك يستخدم النبذ المركزياو الترسيب باضافة المواد الملبدة مثل الالومينا والفوسفات

ب. الشرش: يتم ترشيح الشرش ثم يحلل اللاكتوز بواسطة انزيم اللاكتيز ليصبح اشرش جاهزا للاستعمال اذ ان خميرة الخبز لاتستطيع استهلاك اللاكتوز.

ج. المواد النشوية: يمكن استعمال المواد النشوية المنتجة من بعض المصادر مثل الذرة وتحليلها بواسطة انزيمات الاميليز الفطرية.

د. المواد الاولية الاخرى مثل عصير التمر وعصير العنب ومتحللات المواد السليلوزية والمصادر الاخرى الغنية بالسكريات السداسية وليس الخماسية.

ه. الكحول الاثيلي: يمكن للخميرة ان تستخدم الكحول الاثيلي مصدرا للكاربون في الظروف الهوائية.

يجب ان يكون تركيز السكر ملائما للعملية الانتاجية اذ ان زيادة التركيز مع وجود ظروف لاهوائية سوف تؤدي الى انتاج الكحول وثاني اوكسيد الكاربون ويسمى ذلك تاثير باستور

٢- مصادر النتروجين: يتراوح تركيز النتروجين في الخمائر بين ٦,٥ و ١٠ %، ويؤثر تركيز النتروجين في فعالية الخميرة في نفش العجينة والقابلية الخزنية. تفضل الخميرة مصادر النتروجين اللاعضوية لذلك تستعمل الامونيا او اليوريا ولكن لاتستعمل النترات لان الخميرة لاتستطيع استهلاكها، وعادة يخضع اختيار المصدر النتروجيني الى اعتبارات اقتصادية.

٣- عوامل النمو: تحتاج الخميرة الى البايوتين للنمو، ويجب اضافته عند استخدام المولاس الحاوي على تراكيز قليلة منه، ويجب زيادة تركيز البايوتين في الوسط عند استخدام مصادر النتروجين اللاعضوية، ويمكن ان يحل حامض الاسبارتيك محل البايوتين في بعض الحالات.

٤- الاملاح والمعادن: تحتاج الخميرة الى الفوسفات اذ يشكل الفسفور ٢ – ٣,٥ % من وزنها، والافضل ان تكون نسبة الفسفور تشكل حوالي ٢٥ – ٣٠ % من مصدر النتروجين. وتحتاج الخميرة ايضا الى المغنسيوم والبوتاسيوم والخارصين، وتحتاج ايضا الى بعض العناصر النادرة التي لاتضاف عادة لانها تاتي مع المواد الاولية اذ ان الخلايا تحتاجها بتراكيز قليلة.

ثانيا. ظروف الانتاج:

١- درجة الحرارة: ان اقصر وقت جيل للخميرة (١ – ٢ ساعة) يحدث عند درجة حرارة ٣٦ م، لكن غالبا ماتستخدم درجة حرارة ٢٨ – ٣٠ م في التنمية وهنا يكون وقت الجيل حوالي ٢,٢ ساعة، ويجب ازالة الحرارة الزائدة المتولدة في المخمرات نتيجة نمو الخميرة.

٢- الرقم الهيدروجيني (pH): المدى الجيد بين ٣,٥ – ٦ والرقم الامثل بين ٤ – ٥ ، ويفض الرقم الهيدروجيني الواطيء للسيطرة على التلوث البكتيري.

٣- الضغط الازموزي: يفضل انتاج الخميرة بحيث تكون متحملة للضغط الازموزي العالي لان ذلك له علاقة وثيقة مع المزايا التصنيعية التي تتصف بها.

٤- التهوية: يجب تنمية الخميرة في ظروف هوائية لان المطلوب هو بناء الكتلة الحيوية، لذلك يفضل ضخ الهواء داخل المخمر وبشكل متجانس.

٥- تاثير تصميم المخمر وتركيز الخلايا في وسط الانتاج: تبنى المخمرات من الفولاذ غير القابل للصدأ وبسعة حوالي ٢٠٠ متر مكعب، ويفضل ان يكون الارتفاع كبير قياسا بالقطر مع ترك فراغ رأسي كبير عند بدء العملية الانتاجية،وعادة يتم البدء باعداد قليلة من الخلايا وسوف يقل وقت الجيل مع زيادة ازدحام الخلايا في الوسط.

العملية الانتاجية:

عملية انتاج خميرة الخبز عادة تكون من نوع تخمرات الوجبة شبه المتقطعة (Fed Batch Culture) اذ تضاف المواد المغذية بمعدل معين مع تقدم وقت التخمرلمنع حدوث ظاهرة التثبيط (Crabtree effect) التي ينتج عنها كبح للنمو بواسطة المادة الاساس في التنفس الهوائي بسبب وفرة الكلوكوز. ان افضل نمو للخميرة يمكن

الحصول عليه عندما يكون تركيز الكلوكوز حوالي ٠,٢ غم / لتر، لذلك من الواجب الحفاظ على تركيز الكلوكوز ضمن هذه الحدود.

تفضل مزارع الوجبة على الطريقة المستمرة في انتا ج الخميرة للاسباب الاتية:
١- حصول تلوث ببعض الخمائر خاصة سريعة النمو.
٢- تكون الخلايا الناتجة من المزارع المستمرة غير ناضجة وذات فعالية منخفضة في نفش العجينة.
٣- العملية غير اقتصادية لان النظام المستمر اكثر كلفة واقل انتاجية.

في نظام الدفعة شبه المتقطعة يؤثر الايض اللاهوائي وانتاج الايثانول في معدل تكوين الكتلة الحيوية التي يمكن ان تصل الى ٦٠ غم / لتر ، وفي نهاية طور النمو يجب ان تستمر التهوية لمدة ٣٠ دقيقة اضافية على الاقل لزيادة نضوج الخلايا وتحسين فعالية الخميرة والقابلية الخزنية، اذ ان هذا الامر سيشجع الخميرة على انتاج التريهالوز (سكر ثنائي خزني موجو في الخميرة)، والخميرة ذات المحتوى العالي من التريهالوز تكون عادة اكثر نشاطا.

مراحل انتاج الخميرة:

تمر عملية انتاج الخميرة بعدة مراحل وكما يأتي :
- المراحل الاولية:
وهذه تتضمن مراحل التحضير وتحتاج الى ظروفشديدة التعقيم لتقليل خطر التلوث على المراحل النهائية، وتشمل المراحل الاولية مايأتي:

تحضير الخلايا من المزروع الاساس (Stock culture) على وسط يحوي ٥ % سكر وزيادة الحجم من ١ لتر الى ٧٥ لتر

(تستخدم كمية ١ لتر لتلقيح مراحل التخمر الاولى و ٥ لتر لتلقيح مراحل التخمر الاخيرة ، ويحوي الوسط على ٠,٢ – ١ كغم خميرة / لتر)

===
تنمى الخلايا ويتم زيادة الحجم (Scaling-up) حتى الوصول الى ١٠٠٠٠ كغم خلايا للمخمر الواحد

===
تركيز السكر ٥ – ٧,٥ / السيطرة على درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والتهوية / ظروف التعقيم الشديد

===
الناتج خميرة يمكن خزنها او استعمالها لبدء المراحل النهائية من النتاج

- المراحل النهائية:
تشمل سلسلة من الخطوات تتم في ظروف هوائية بنظام المزارع المتقطعة في مخمرات كبيرة، ويتم المحافظة على تركيز الكحول بنسب منخفضة ٠,٠٥ – ٠,١ %، تقطع التغذية مدة ساعة وتقلل التهوية لضمان نضوج الخلايا، وتصبح الخلايا كاملة وناضجة بعد مرور ٢٤ – ٢٥ جيل، ويبلغ معدل نمو الخلايا حوالي ٠,٢ غم / ساعة.وتجرى بعد ذلك العمليات الاتية:

الانتاج ٥٤ - ٥٥ كغم خميرة / ١٠٠ كغم مواد اولية
تنمى الخلايا وتفصل من وسط التخمير بالطرد المركزي ٥٠٠٠ دورة / دقيقة)
تجمع الخلايا وتغسل عدة مرات بالماء وتبرد الى ٢ – ٤ م
تجفف الى رطوبة ٧٠ – ٧٥ % بواسطة مجففات تحت التفريغ
تعبأ في قوالب سعة ١ كغم وتحفظ بالتبريد (خميرة مضغوطة) او تجفف الى رطوبة ٧ – ١٠ % (خميرة جافة)

تلوث الخميرة:

نوع التلوث	الكائن المسبب للتلوث	الصفات
بكتيري	Lactobacillus & Leuconostoc	التلوث لايؤثر على عملية الانتاج بل تكون هذه البكتريا مصادر للعجين الحامضي
بكتيري	*Escherichia coli*	يمكن وجود هذا التلوث في المستحضرات التجارية وهذه البكتريا لاتقاوم الجفاف وتقل اعدادهل عند التجفيف وفي الخزن
فطري	Odium lactis	تنمو على الخميرة قبل تجفيفها او ضغطها خاصة عند حفظها في التبريد لمدة طويلة
خميرة	Candida utilis & Candida tropicalis & Torulopsis	هذه الخمائر تكون اسرع نموا من الخميرة المنتجة

اشكال الخميرة المنتجة:

تنتج الخميرة بشكلين: خميرة جافة ومضغوطة، وتنتج الخميرة الجافة بعد المضغوطة، وتتأثر فعالية الخميرة المضغوطة بعدة عوامل داخلية اهمها:

١- تزداد ثباتيتها عندما يكون عدد الخلايا المدعمة فيها نخفضا (٠ – ٥ %).

٢-تطول فترة صلاحية الخميرة كلما كان محتواها من النتروجين منخفضا.

٣- يسبب الخزن انخفاضا متدرجا في فعالية الخميرة.

يمكن زيادة ثباتية الخميرة المضغوطة باضافة مثبطات العمليات الايضية، ويقل ثباتها بزيادة عدد الخلايا المتبرعمة وزيادة فعالية الانزيمات المحللة للبروتينات والمحللة للحوامض النووية.

عند تجفيف الخميرة لاتفقد الكثير من فعاليتها في عملية التجفيف لكن يحدث انخفاض في العيوشية او العدد الحي، ومن صفات الخميرة الجافة:

١-تكون ذات محتوى عال من التريهالوز الذي يتكون اثناء مراحل النضج.

٢-تكون اكثر نشاطا.

٣- تحوي على ١٦ – ١٨ % تريهالوز

٤- تحوي على كلايكوجين، ويتم بناؤه في الطور اللوغارتميويزداد معدل تراكمه في درجة حرارة ٣٠ م، اما التريهالوز فيتم بناؤه في نهاية الطور اللوغارتمي ويتعزز تكوينه في درجة حرارة ٤٥ م .

مواصفات الخميرة المشمولة بعمليات الهندسة الوراثية:

١- النشاط التحللي للسكريات ومعدل انتاج ثاني اوكسيد الكاربون.

٢-الاستهلاك السريع للمالتوز.

٣- تحمل الضغط الازموزي لكي تتمكن الخميرة من انجاز عملها بوجود تركيز عال من السكريات.

٤-الخصائص الخزنية.

٥- معدل النمو العالي.

مواصفات خميرة الخبز:

الغرض من اضافة الخميرة الى العجين هي لتحقيق هدفين اساسيين هما:

١- نفش العجينة: وتعتمد درجة النفش على كمية ثاني اوكسيد الكاربون المتكونة والتي تعتمد بدورها على عدة متغيرات تشمل فعالية الخميرة وتركيب العجينة نفسها وصفات المحيط الخارجي، ويمكن استعمال عوامل النفش الكيمياوية مثل بيكاربونات الصوديوم (Baking powder) الا ان النكهة تكون ضعيفة.

٢- اعطاء النكهة اللازمة للمنتج النهائي اذ ينتج عن نشاط الخميرة تكوين مركبات متطايرة وغير متطايرة من كحولات والديهايدات واسترت وكيتونات وغيرها.

قياس صلاحية الخميرة:

تعتمد قياس صلاحية خميرة الخبز على ثلاثة مفاييس رئيسة هي:

١- قياس النفاشية

٢- قياس عدد الخلايا الحية

٣- قابلية خزن الخميرة

هناك عدة عوامل يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار في موضوع خزن الخميرة:

١- الخميرة المضغوطة يجب ان تخزن في التبريد او التجميد اذ ان نسبة الرطوبة فيها بين ٦٨ و ٧٢ %.

٢-طروف الخزن المشجعة على ثباتية الخميرة.

٣- المكونات الداخلية للخميرة خاصة نسب التريهالوز والكلايكوجين.