المحاضرة الاولى :الخميرة

م.د. بشرى بدر

الخميرة وتخمر العجين Yeast and Dough Fermentation

الخمائر : هي كائنات حية وحيدة الخلية تتكاثر خضرياً بواسطة التبرعم انتجت خميرة الخبز لاول مرة على نطاق تجاري على شكل خميرة طرية Compressed وخلال الحرب العالمية الثانية تم انتاج خميرة جافة فعالة Active dry Yeast ذات درجة ثبات عالية خلال عمليات النقل والخزن . ومع تقدم تقنيات الهندسة الوراثية تم انتاج خميرة جافة ذات نشاط عالي ذاتية الذوبان لاتحتاج الى قوة تنشيط تضاف مباشرة للطحين .

من الطرق الشائعة لتصنيع خميرة الخبز التجارية Saccharomces Cereviciae وهو استخدام المولاس واملاح الامونيا كوسط للنمو ثم يدخل تيار من الهواء لمنع التخمر وتشجيع نمو وتكاثر خلايا الخميرة . تضبط ظروف النمو من درجة حرارة وPH وكمية الامونيا والمعادن بعدها تفصل خلايا الخميرة النامية بالطرد المركزي وتغسل وتضغط لانتاج خميرة طرية مكبوسة Compressed Yeast تحتوي على 9% Nو-1-1.4 % P و69 -71 % رطوبة .

اما الخميرة الجافة النشطة فتصنع من سلالات تختلف عن سلالات الخميرة الطرية فيجب ان تكون سلالات الخميرة الجافة مقاومة لعمليات التجفيف كما انها تبقى فترة اطول قبل البدء بتخمر المالتوز وان الخميرة الجافة تعمل في وسط ذات ضغط ازموزي عالي تصل نسبة الرطوبة فيها 8% تتميز بثباتها على درجة حرارة الغرفة لمدة طويلة وكذلك سهولة التداول . من عيوبها يجب استرجاعها بالماء الدافئ ولها مدى ضعيف في درجة الحرارة 37-40 م قبل اضافتها الى باقي المكونات .

تحتوي الخميرة المنتجة تجارياً على بكتريا من نوع Lactobacill وهذه مهمة في صناعة الكرارز والخبز الحامضي Sour Dough Bread

أسترجاع الخميرة الجافة :

يجب ان تكون درجة حرارة الماء اللازم لاسترجاع الخميرة 37-40 م وعندما يكون الماء حاراً له

تاثير سلبي على جدران خلايا الخميرة ونشاطها الانزيمي اما في حالة الماء البارد فان بعض المكونات تخرج من داخل خلايا الخميرة .

تدخل الخميرة في حالة سبات بعد عمليات التجفيف في حالة الخميرة الجافة او استخدام درجات حرارة منخفضة في حالة الخميرة النشطة فعند استرجاعها يتكون غاز CO_2 الناتج عن وجود السكريات المخزونة بداخلها من نوع Disaccharides Terhalose

كمية الخميرة المستخدمة في صناعة الخبز :

تتراوح نسبة الخميرة الجافة في صناعة الخبز الابيض بين 15-2% من وزن الطحين وتصل النسبة الى 5% عند صناعة انواع من الخبز . ان ارتفاع نسبة الخميرة يسبب زيادة مسامية العجينة ومسامية الخبز الناتج مما يسبب سرعة تجلد الخبز . اما انخفاض نسبة الخميرة المضافة يؤدي الى تاخر عملية التخمر وتصبح العجينة لزجة وقوام اللب ضعيف .

نشاط الخميرة:

يقصد بنشاط الخميرة انتاج الغاز في العجينة نتيجة تخمر السكريات ويعتبر الكلوكوز هو المادة الاولية ويشترك في عملية تحويل الكلكوز الى CO_2 اكثر من 12 انزيم كما في المعادلة التالية :

$$\text{Glucose} + 2\text{ATP} + 2\text{P} \longrightarrow 2\ \text{ethanol} + 2\text{ATP} + 2H_2O$$

$$C_6H_{12}O_6 + 2\text{ADP} + 2\text{Pi} \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2\text{ATP} + 2H_2O$$

من الناحية التطبيقية تكون الكمية المتكونة من CO_2 اقل مقارنة بالناحية النظرية وذلك لتكون الكثير من المركبات مثل الكليسرول واحماض عضوية وكحول ذات سلاسل طويلة وكذلك تكون مواد بنائية ومواد خلوية جديدة ، كذلك فان الجزء المستخدم فعلاً من الـــ glucose لانتاج غاز CO_2 يتراوح بين 75-90% اعتماداً على وقت التخمر وكمية الخميرة ودرجة حرارة التخمر ومدى توفر المصاد ر الكاربونية والنايتروجينية في العجينة .

تخمر العجينة :

ان المراحل الاولى لتخمر العجينة تكون هوائية وبعد استهلاك الـO2يكون التخمر لاهوائي يشجع التخمر الهوائي نمو وتكاثر الخميرة . بينما يشجع التخمر اللاهوائي انتاج الـCO2 وايثانول يذوب الغاز في الوسط ينخفض الPH وتستمر عملية ذوبان الغاز الناتج عندها يكون الغاز قادر على رفع العجينة وتتكون خلايا غازية كبيرة . ثم تجرى عملية ضرب العجينة Punching او اعادة عجن العجينة .

الغرض الاساسي منها هو تقسيم الخلايا الغازية الكبيرة الى خلايا اصغر . وكذلك اعادة تلامس الخميرة لمواد سكرية جديدة قابلة للتخمر لان الخميرة ليس لها القابلية على التحرك في العجينة . وهذه تعتمد على كمية السكر المنتشرة حول الخميرة ومع تقدمك عملية التخمر تكون مسافة الانتشار بعيدة عن خلايا الخميرةو مما يؤدي الى بطء عملية التخمر ، اما عند اعادة عملية العجن او الصلابة تستعيد الخميرة نشاطها من جديد وتقوم بانتاج كمية اخرى من الغاز .

العوامل المؤثرة على تخمر عجينة الخبز :

1- عملية العجن : تؤدي ميكانيكية عملية العجن عند تحضير العجينة الى ادخال فقاعات هوائية وهذه تكون نواه لانتاج الغاز من قبل الخميرة . وخلال عملية العجن فان كمية الهواء الداخلة للعجينة تقدر بنصف كمية الهواء التي يمكن تحزها العجينة مما يساعد في تشجيع عملية التخمر . ان اضافة المواد المستحلبة يؤدي الى تقليل الشد السطحي داخل العجينة . مما يزيد من عدد الخلايا الغازية اثناء عملية العجن .

2- درجة الحرارة : ان سرعة التخمر وانتاج تاج الغاز تزداد بارتفاع درجة الحرارة الى ان تصل الى 38 م ثم يبدأ معدل انتاج الغاز بالانخفاض . وباستمرار درجة الحرارة يبدأ نشاط الخميرة ثم ينخفض النشاط حتى تصل درجة الحرارة الة 55 م حيث تموت الخميرة وهذا ما يحدث في الفرن خلال عمليات الخبيز .

3 - الـــPH: يتراوح الـPH الذي تعمل فيه الخميرة بنشاط بين 4-6 وتكون لها القابلية على انتاج عند ارتفاع PH العجينة اكثر من 6 يؤدي الى انتاج الكليسرول وزيادة حامض الخليك وينخفض نشاط الخميرة تدريجياً عندما يصل الـPHالى 3-4 ويحصل انخفاض حاد في نشاط الخميرة عندما يكون الـPH اقل من 3 .

4-الضغط الازموزي : يعتبر خميرة الخبز حساسة جداً للضغط الازموزي الناتج عن ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة في الجينة والناتجة عن وجود السكريات والاملاح .

تأثير الخميرة على الخواص الفيزياوية للعجينة :

اضافة الى دور الخميرة في انتاج الغاز الذ ينفش العجينة واعطاء الحجم المطلوب للخبز وصفات اللب المرغوبة فان للخميرة دور في تغير الصفات الفيزياوزية للعجينة وهي الصفات المطاطية ومقاومة المطاطية ان العجينة بعد عملية العجن يكون الـPH لها 6 ثم ينخفض الى 5 بعد ذوبان غاز CO_2 في الوسط السائل وانتاج حامض الكاربونيك وتكون بعض الاحماض العضوية . وهذا الاختلاف في الـPH له دور مهم في تغير خواص العجينة .

دور العجينة في تكوين مواد النكهة للمواد المخبوزة :

يمكن بسهولة التفريق بين نكهة العجين المتخمر وغير المتخمر وكذلك الخبز الناتج عنهما ، حيث تتكون مركبات كثيرة نتيجة عملية التخمر منها الايثانول -بروبانول - بيوتانول -ايزوبيوتانول -بنتانول - واحماض عضوية اخرى كذلك تتكون مركبات اخرى اثناء عملية التخمر وهي مركبات الاستيلديهاد -فورفورال وهي تتركز في قصرة الخبز وتتكون اثناء عملية الخبيز . وتحدث تفاعلات بنية غير انزيمية لذلك يتكون اللون البني في قصرة الخبز ويبلغ عدد مركبات النكهة الناتجة من عملية التخمر الى 211 مركب مختلف على الاقل ثم تشخيصها .

فقدان وزن العجينة اثناء التخمر :

هناك نوعان من الفقد في العجينة اثناء عملية التخمر :

1- الفقد الظاهري: الذي يرجع الى فقدان الرطوبة بالتبخر اثناء عملية التخمر

2- **الفقد الحقيقي :** وهذا الفقد ناتج من استهلاك المواد السكرية والنتيروجينية وتحولها الى كحول و غاز CO_2 واحماض عضوية واسترات ومركبات اخرى غير طيارة تفقد اثناء عملية التخبيز . وان هذا الفقد يعتمد على شدة عملية التخمر وكمية غاز CO_2 الناتجة .

المحاضرة الثانية : تجلد الخبز Bread Staling

يمكن تعريف التجلد : أنه مجموعة من تغيرات تحدث خلال عمليات معقدة اثناء خزن الخبز وتؤدي الى فقدان خواصه الجيدة ويعرف التجلد تجارياً بأنه انخفاض في تقبل المستهلك في المنتوجات المخبوزة نتيجة تحدث في اللب ما عدا تلك التغيرات الناتجة من الاحياء المجهرية .تتعرض معظم المنتجات المخبوزة التي تمتاز بلب ذو نسبة رطوبة عالية وقوام اسفنجي الى تغيرات سريعة تؤدي الى تدهور الجودة والتي تعرف بالتجلد . كلما زادت نسبة الرطوبة في المنتجات المخبوزة بعد عملية الخبيز كلما كانت التغيرات الناتجة عن التجلد اكثر شدة وهكذا تكون ظاهرة التجلد اكثر تأثيراً في جودة الخبز والمعجنات الحلوة والكيك مقارنة بانواع الكيك ، البسكويت ، الكراكرز . علماً ان جودة حفظ انواع الكعك والبسكويت يتحدد بمدى ثباتية الدهون المستخدمة . ويحصل التجلد الحقيقي بمعدل منخفض جداً . تعتبر ظاهرة التجلد مهمة من الناحية الاقتصادية لان نسبة كبيرة من الهدر الحاصل في الخبز هو بسبب التجلد .

يقسم التجلد الذي يحصل في الخبز الى :

1-تجلد القصرة Crust Staling

2 -تجلد اللب Crumb Staling

تجلد القصرة Crust Staling:

تتميز قصرة الخبز الطازجة بكونها جافة (12% رطوبة) وهشة Crispy وتصبح لينة وجلدية

القوام بعد فترة الخزن بسبب تجلدها . حيث تفقدها نكهتها الطبيعية ويظهر فيها طعم مر نوعاً ما . تتحول الرطوبة اثناء تجلد قصرة الخبز من اللب الى القصرة . ونظراً لكون مكونات القصرة ذات قابلية عالية على امتصاص الماء Hygroscopic لذلك فانها تحتفظ بالرطوبة المنتشرة من اللب باتجاه القصرة بحيث تصل الى 28% بعد اربعةو ايام وعلى درجة حرارة 21 م تساعد عملية تغليف الخبز في اوراق شمعية او مانعة للرطوبة في زيادة نسبة الرطوبة في الوسط وامتصاص القصرة للرطوبة وتجلدها بسرعة . ويحصل نفس الشئ عند ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو .

تجلد اللب Crumb Staling:

يعرف لب الخبز بانه هلام اسفنجي او رغوة هلامية او Gel Foam ذات قوام لين Soft texture عندما يكون الخبز طازج ويتحول الى قوام صلب Firm texture ويصبح اللب خشن ومتفتت Crumbly عند تجلده مع تغير في الطعم والرائحة مع فقدان واضح بالرطوبة .

ويمكن تلخيص التغيرات التي تحدث في لب الخبز اثناء التجلد الى بما يلي :

1- زيادة الصلابة Firmness والتفتت Crumbiness وتبلور النشأ .

2- انخفاض في سعة اللب لامتصاص الماء ونسبة النشأ الذائب الذي ينضج من الحبيبات النشوية اثناء التخبيز وانخفاض درجة حرارة هضم اللب بالاميليزات .

3- تغيرات في الخواص الحرارية Thermal properties ويقصد بها الطاقة اللازمة لصهر التجمعات (البلورات) الناتجة من التجمع العسكي لمكونات النشأ

دور مكونات الخبز في ظاهرة التجلد :

1- الماء : تبلغ نسبة الماء الى النشأ في العجينة 1:1 ويتحول الماء الى الحبيبات النشوية اثناء عملية التخبيز . بعد ان يصبح حراً من ارتباطه مع السكريات والبنتوزانات والبروتينات عند ارتفاع درجة الحرارة مركز العجينة الى الدرجة الحرارية الملائمة لتهلم الحبيبات النشوية اثناء عملية التخبيز . يتحول الماء اثناء الخزن من الهلام البارد للنشأ الموجود في اللب الى الكلوتين . ان ارتفاع نسبة امتصاص الطحين للماء مرافقة لدرجة نعومة الخبز .

2- النشأ : للنشأ دور اساسي في عملية التجلد العكسي لمكونات النشأ Retrogradation وظاهرة الهسترة Syneresis او Weeping التي تحصل في هلام النشأ هي مشابه للتجلد . وان التجمع العكسي للسلاسل الطرفية للاميلوبكتين وسلاسل الاميلوز هي المسؤولة عن تجلد الخبز . حيث ترتبط هذه السلاسل مع بعضها مكونة اواصر خارجية Iner Moleclar bonds وان الخبز يعتبر هلام منتفخ غير متبلور ومرن عند التبريد والخزن فان سلاسل النشأ نتيجة لمرونتها ترتبط مع بعضها لتكوين كتلة قوية تسمى باهلام المركب والذي يرتبط مع بعض باواصر من نوع فاندرل ويعتبر الهلام المركب سبباً في ظاهرة التجلد . ان تحول مكونات هلام النشأ غير البلورية الى حالة بلورية منتظمة يؤدي الى التصلب .

البـروتينـات :

يؤدي زيادة نسبة بروتينات الطحين الى التقليل من معدل التجلد من خلال تخفيض نسبة النشأ وتأثير البروتينات في زيادة حجم الكلوتين يخفض درجة تبلور مكونات النشأ اثناء الخزن . فأن الكلوتين يخفض من معدل تجلد الخبز فتؤدي زيادة نسبة البروتين الى تقليل نسبة النشأ الذائب في لب الخبز .

البنتوزانات :

ان اضافة البنتوزانات الذائبة بالماء يخفض من معدل التجلد وهذا يخفض النشأ ويقلل نسبته. ان اضافة البنتوزانات الى العجينة يرفع رطوبة الخبز وارتفاع رطوبة لب الخبز يزيد من طزاجة الخبز اي تقلل من تجلد الخبز .

الدهون :

تعتبر الدهون القطبية للطحين ذات مرور فعال في اعطاء خواص الجودة للخبز وذلك لارتباطها مع الكلوتين ومع النشأ اثناء عملية الخبيز فيعطي ذلك حجم خبز كبير ويقلل معدل التجلد . اما المواد ذات الشد السطحي فأنها تخفض معدل التجلد بتكوين معقدات مع الاميلوبكتين والاميلوز فيقلل من درجة تبلور مكونات النشأ.

تأثير انزيم X-amylase على ظاهرة التجلد :

تتحدد كفاءة الاميليزات في تقليل قوة لب الخبز بمدى ثباتها الحراري ، حيث يتحمل X-amylase البكتيري درجات حرارة عالية . حيث يتمكن من مقاومة ظروف الخبز نسبياً فيقوم بهضم اكبر كمية ممكنة من الحبيبات النشوية ، لذلك فهو يخفض من صلابة اللب اي يقلل من تجلد الخبز ولكن من الممكن ان يعمل هذا الانزيم في الخبز الناتج وخاصة اذا كانت درجة حرارة الخزن للخبز عالية مؤدياً الى تكون لب خبز لزج وصمغي القوام . يمكن تلخيص دور الانزيمات الهاضمة للنشأ بانها تقلل من مكونات النشأ القابلة للتبلور ، وتزيد من قابلية الخبز للحفاظ على الرطوبة من خلال الدكسترينات الناتجة بفعل الانزيمات وبذلك ينخفض معدل التجلد ومن المصادر الى تقلل من معدل تجلد الشعير المنبت وانزيم X-amylase الفطري .

تأثير درجة حرارة الخزن على تجلد الخبز :

ان هناك علاقة سلبية بين درجة الحرارة (-1-32) م التي يكون فيها الخبز بعد عملية الخبيز ومعدل التجلد وتعتبر درجة الحرارة 4 م وهي الدرجة الحرارية التي يكون عندها سرعة تجلد الخبز اعلى ما يكون ، بينما درجة الحرارة 21-25 تعتبر جيدة . وينصح عند خزن الخبز في البيت ان يجمد على درجة حرارة -32-29 م على ان تخرج قطع الخبز المراد استهلاكها قبل فترة مناسبة وتؤدي عملية التجميد الى تقليل حركة الرطوبة داخل الخبز ومنع ظاهرة التجمع العكسي لمكونات النشأ.

التغيرات التي تحصل في نكهة الخبز عند تجلده :

يحتوي الخبز الطازج بعد عملية الخبيز مباشرة على مركبات عطرية كثيرة متوزعة بين القصرة واللب بصورة غير متجانسة . ان المركبات في القصرة ناتجة من تفاعلات المكون البني الانزيمي (تفاعل ميلارد) بينما يحتوي اللب بصورة رئيسية على مركبات النكهة الطيارة الناتجة بفعل عمليات التخمر .

تحدث التغيرات التنالية عندما تبرد قطعة الخبز :

1- تكثيف لمركبات النكهة الموجودة في البخار المنتشر داخل اللب وتمتص من قبل البروتين والنشأ

2- تبخر مركبات النكهة من سطح الخبز واساساً من القصرة .

3- انتشار بعض مركبات النكهة من القصرة الى اللب .

4- حدوث تغيرات تأكسدية لمركبات النكهة .

يعتبر فقدان المركبات الطيارة واختلال درجة انتشارها عند التبريد مهم في تحديد تقبل المستهلك على الخبز . ان انخفاض نسبة الالديهايد يسبب في انخفاض النكهة عند تجلد الخبز ويعزى الفقد في النكهة الى تكوين معقدات مع سلاسل الاميلوز الحلزونية وهذه الحالة تفسر رجوع نكهة الخبز الطازج بعد عملية التسخين اذ تتحلل هذه المعقدات بالحرارة ولحد 60 مْ .

اعادة الطزاجة للخبز الناتج :

يمكن اعادة الطزاجة للخبز المتجلد بتسخينه لدرجة حرارة 80 مْ ووجد ان الخبز المعاد طزاجته يتجلد بسرعة اكبر وذلك لعدم ذوبان النويات المتسببة لتبلور النشأ بصورة كاملة . يفضل ان تجرى عملية التسخين بظروف لا تفقد فيها الرطوبة او اجراء التسخين اي بوجود بخار الماء . ان عملية اعادة الطزاجة تفيد لمرة واحدة فقط حيث لا يتحمل الخبز اعادة عملية التسخين لاكثر من ذلك لفقدان كمية كبيرة من الرطوبة .