بسم الله الرحمن الرحيم

الخمائر

تقنيات إنتاجها ودورها في الصناعة وفساد الأغذية وصحة الإنسان

تأليف

الدكتور جابر زايد بريشة

أستاذ و رئيس قسم الميكروبيولوجي

كلية الزراعة

جامعة المنيا– جمهورية مصر العربية

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٣١هـ/٢٠١٠ م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية للطباعة والنشر

بريشة، جابر زايد

الخمائر: تقنيات إنتاجها ودورها في الصناعة وفساد الأغذية وصحة الإنسان./ جابر زايد ريشة.- الرياض، ١٤٣١هـ

٤٩٣ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٤-٧٣٠-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١- الخمائر أ.العنوان

ديوي ٥٧٤,١٩٢٥ ١٤٣١/٩٦٧٦

رقم الإيداع: ١٤٣١/٩٦٧٦

ردمك: ٤-٧٣٠-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي، وقد وافق المجلس على نشره في اجتماعه الخامس عشر للعام الدراسي ١٤٣٠/١٤٣١هـ المعقود بتاريخ ١٤٣١/٤/١٢هـ الموافق ٢٠١٠/٣/٢٨م

إدارة النشر العلمي والمطابع ١٤٣١هـ

مقدمة
Introduction

إن المجال الأساسي الذي يتناوله هذا الكتاب هو التطبيق الصناعي لكثير من الخواص البيولوجية للخمائر، والذي أصبح الآن يحظى باهتمام وزارت ومؤسسات الصناعة، والبيئة، والزراعة، والأغذية، والثروة الحيوانية، والقائمين على صناعة المزارع المائية، ورجال الأعمال وطلاب الدراسات العليا . يقع هذا الكتاب في سبعة فصول، الفصل الأول منها يجيب على السؤال "ما هي الخمائر؟"، حيث تناول فكرة عامة عن الخمائر من حيث البيئات الطبيعية التي تعيش فيها، وتغذية الخمائر، وتركيب خلية الخميرة. ويتناول الفصل الثاني الخواص المورفولوجية والفسيولوجية المستخدمة في تقسيم الخمائر ثم يعطي الفصل الثالث فكرة وافية عن تقسيم الخمائر ونبذة كافية عن كل جنس من أجناس الخمائر الأسكية أو البازيدية وخصوصاً الأجناس شائعة الاستخدام في مجال التطبيق الصناعي.

يتناول الفصل الرابع استخدام الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* لإنتاج الإيثانول كوقود، كأحد الحلول الجزئية لمواجهة الحاجة المتزايدة من الطاقة، وارتفاع

أسعار البترول، والتوافق مع قوانين البيئة. وعلاوة على مسارات التفاعل، يتناول الفصل الرابع أيضاً خطوات إنتاج الإيثانول، وكيفية حساب كميات العناصر الغذائية المطلوب إضافتها إلى بيئة التخمير. إن تغذية الخميرة أثناء عملية التخمر تعتبر من أهم العوامل التي يجب مراعاتها من أجل الحصول على تخمر ناجح، وفي هذا الفصل تم توضيح أن تركيز مغذيات الخميرة في بيئة التخمر يختلف باختلاف تركيب وظروف بيئة التخمر ولا يوجد تركيز ثابت لكل أنواع التخمر. وتم أيضاً مناقشة كيفية الوصول إلى التوازن في الاحتياجات الهوائية في معادلة صعبة حيث أن الخميرة كائن هوائي يحتاج إلى أكسجين لكي ينمو، وفي نفس الوقت فإن إنتاج الإيثانول عملية لاهوائية، تتم فقط في غياب الأكسجين. وأخيراً تناول هذا الفصل بالتفصيل العوامل التي تؤدي إلى خفض إنتاج الإيثانول.

يتناول الفصل الخامس من هذا الكتاب خمائر الخبيز حيث تم بيان أن صناعة خميرة الخبز سوف تصبح من الصناعات غير المربحة، إن لم يكن هناك طرق وتقنيات حديثة لإنتاج كميات ضخمة من هذه الخميرة بتكلفة اقتصادية، بل إن البعض يرى أن هذه الصناعة قد تتوقف، وقد نفقد نكهة الخبز الخاصة ونتناول أرغفة تحتوي على طبقات من الزيتون، وأنواع الجبن المختلفة...الخ. كما تناول هذا الفصل كيفية حماية الخميرة من التلوث، بالإضافة إلى المواصفات التي يجب أن تتوفر في سلالات الخميرة الجيدة والتي تجعلها تنتج كميات كبيرة من الكتل الحيوية في أقل زمن ممكن من مادة خام رخيصة. ومن أهم ما تناوله الفصل الخامس استخدام الخميرة في إنتاج العجين الحامضي Sourdough، وذلك لإنتاج الخبز الحامضي عن طريق التعاون بين الخميرة

وبكتيريا حامض اللاكتيك. مثل هذا الخبز أنتجه المصريون منذ حوالي ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد حتى أن المؤرخ الإغريقي هيرودت قال بالحرف الواحد "في حين أن كل الناس كانوا يخشون من حدوث أقل درجة فساد في أغذيتهم، فإن المصريين كانوا ينتظرون بجانب العجين ويلاحظون بشغف عملية التحلل" ولم يكن يعلم أنها عملية مقصودة وأن هذا التحلل ما هو إلا نشاط مرغوب فيه نتيجة تعاون الخميرة وبكتيريا حامض اللاكتيك. كما تضمن الفصل الخامس معلومات هامة عن الحماية الذاتية للعجين الحامضي، حيث أن بكتيريا حامض اللاكتيك التي تسود في هذا النوع من العجين تنتج مواد مثبطة لأنواع كثيرة من الميكروبات الضارة، ولكن من المثير أن هذه المواد ليست مثبطة للخميرة المصاحبة لبكتيريا حامض اللاكتيك. وأخيراً فقد تناول هذا الفصل الظروف التي يمكن أن تؤدي إلى تحسين إنتاج خمائر الخبيز وعملية تخمر العجائن المختلفة إلى أكبر قدر ممكن.

يتناول الفصل السادس من هذا الكتاب خمائر فساد الأغذية، ففي كثير من الحالات تسود الخميرة في فساد الأغذية بدرجة لا تقل عن سيادة البكتيريا. لقد تم شرح عوامل الإجهاد الفيزيائية والكيماوية، التي تعمل بشكل متعاون على تفضيل نمو ميكروب الخميرة على بقية الميكروبات الأخرى مما يجعلها قادرة على إحداث الفساد. إن المكونات والمنتجات الغنية بالسكر مثل عسل النحل و أشربة السكريات وأشربة الفاكهة، هي أكثر الأغذية تعرضاً للفساد بواسطة الخمائر. وعلى عكس الغموض الذي ما زال يحيط بفساد بعض الخضروات والفاكهة الطازجة بواسطة الخمائر، لم يعد هناك أي شك في أن الخمائر تشترك بشكل رئيسي في الفساد التخمري لبعض الأنواع

الأخرى، وخصوصاً تلك الأنواع التي تسود فيها علاقات تداخلية بين الحشرات وخمائر الفساد. كما أن هناك خمائر معينة تفسد الخضروات المملحة، والخضروات المخللة، والثمار المعلبة في صفائح أو زجاجات، وحتى الخضروات المجمدة، حيث بات من الحقائق المعروفة أن هناك بعض الخمائر يمكن أن تنمو على الخضروات المحفوظة على درجة حرارة أقل من الصفر المئوي، بل إن بعض الخمائر تنمو ببطئ على البازلاء المحفوظة على درجة حرارة سالب ١٨°م وتسبب تغيرات كيماوية في هذه الخضروات. وبالإضافة إلى ذلك فقد تناول هذا الفصل فساد الحليب ومنتجاته و فساد المنتجات المعتمدة على الحبوب بواسطة الخمائر، حيث أن التوسع في المنتجات المضاف إليها التوابل وفواتح الشهية أدت إلى خلق نواتج لها تركيب بيئي يساعد على نمو كثير من الميكروبات. وأخيراً فقد تناول الفصل الخامس مواد جديدة وآمنة أصبحت تستخدم في حماية الأغذية من الفساد.

يتناول الفصل السابع من هذا الكتاب أربعة اتجاهات جديدة في تكنولوجيا الخمائر. الاتجاه الأول هو استخدام الخمائر كأغذية للإنسان وأعلاف للحيوانات والطيور، وقد نجحت محاولات عديدة في هذا الشأن كان أهمها استبدال وجبات الأسماك بخليط مكون من فول الصويا وكتل حيوية من خميرة *Saccharomyces cerevisiae*. كما يتناول هذا الاتجاه استخدام الخميرة في مجال إنتاج الأغذية والمشروبات المتخمرة (ليس من بينها المشروبات الكحولية التي يحرم تصنيعها وتداولها عند المسلمين) ، فعن طريق التخمر يصبح الغذاء أكثر قيمة غذائية وأكثر قابلية للهضم وأكثر أماناً للمستهلك وله نكهة أفضل. الاتجاه الثاني هو استخدام خميرة *Phaffia*

rhodozyma في إنتاج كميات تجارية من الصبغة الكاروتينية أستاكسانثين، وذلك بغرض إستخدامها في تدعيم وجبات الأسماك في المزارع المائية وخصوصاً مزارع أسماك السلمون والسلمون المرقط أو التروتة، والجمبري، وذلك لإكساب لحوم هذه الأسماك اللون الأحمر أو البرتقالي المحبب لدى المستهلك، بجانب فوائدها الصحية، حيث أنها مركب مضاد للأكسدة ولها تأثير فعال جداً في إيقاف نشاط الأورام الخبيثة. الاتجاه الجديد الثالث هو استخدام مزرعة الخميرة الحية لتغذية حيوانات المزرعة، وهذا يختلف تماماً عن استخدام الخمائر المجففة في علائق الحيوانات. وقد تم توضيح أساسيات وقواعد هذا النوع من الغذاء في الحفاظ على صحة الحيوان ورفع جودة اللحوم أو البيض، حيث تقوم الخمائر على سبيل المثال بإنتاج حامض الجلوتاميك الذي يجعل الوجبة مستساغة، ودرجة pH المعدة الأولى للحيوانات المجترة تناسب نمو الخميرة، وتستهلك الخميرة الأكسجين مما يوفر ظروف مناسبة لنمو بكتيريا الكرش المفيدة، أي أنه يمكن القول أن مزرعة الخميرة الحية تلعب دور هام في زيادة كفاءة تخمر المواد السليولوزية، وفي زيادة الكتلة الحيوية من الميكروبات في معدة الحيوانات. أما الاتجاه الجديد الرابع الذي تناوله الفصل السابع فهو استخدام الخمائر في مجال الوقاية من الأمراض بل وعلاجها، حيث أدرجت الخميرة *Saccharomyces boulardii* بصفة نهائية ضمن الميكروبات المفيدة التي تسمى المعاونات الحيوية Probiotics. وبمجرد تناول هذه الخميرة فإنها سرعان ما تبدأ في تكوين كتل من الخلايا داخل القناة الهضمية، حيث تقوم بإفراز كميات كبيرة من حامض اللاكتيك وفيتامين ب كما أنها تزاحم أنواع الخمائر الأخرى غير الصديقة وغير المرغوب فيها وتؤدي إلى

إزالتها وتعطي الفرصة للبكتيريا الصديقة الأخرى في أن تستعمر القناة الهضمية وتمدها بالعناصر الغذائية. وقد أنتج الفرنسيون تحضير يطلق عليه "الخميرة ضد الخميرة" وهو عبارة عن عدد هائل من الخلايا الحية للخميرة *Saccharomyces boulardii* يستعمل بنجاح شديد في علاج الالتهابات الناتجة عن الإصابة بالخميرة *Candida*. وتعتبر خميرة الخبيز أحسن مصدر لعنصر الكروم الذي يستخدم في تنظيم تمثيل السكر، وعنصر السلينيوم الذي له أهمية في تنشيط النظام الإنزيمي الواقي للكبد وأنسجة أخرى في الجسم. كما تلعب خمائر جنس *Kluyveromyces* دوراً أساسياً وهاما في حياة الناس الذين يعانون من عدم تحمل سكر اللاكتوز ويصابون بإسهال يسمى إسهال عدم تحمل اللاكتوز.

المؤلف

المحتويات

مقدمة ..... هـ

الفصل الأول: الخمائر-تعريفها، وتغذيتها ١

(١,١) فكرة عامة عن الخمائر ١

(١,٢) البيئات الطبيعية للخمائر ٤

(١,٣) العوامل التي تؤثر على نمو الخميرة ٧

(١,٤) تغذية الخمائر ١٠

(١,٥) خلية الخميرة ٢٢

(١,٦) المراجع ٣٢

الفصل الثاني: الطرق المستخدمة في تقسيم الخمائر ٣٣

(٢,١) المورفولوجيا الخضرية ٣٣

(٢,٢) المورفولوجيا التوالدية ٤٣

(٢,٣) الطرق الفسيولوجية ٥٢
(٢,٤) التزاوج ٥٩
(٢,٥) الصبغ النووي ٦٢
(٢,٦) عزل الحامض النووي ٦٤
(٢,٧) المراجع ٦٦

الفصل الثالث : تقسيم الخمائر ٦٩
(٣,١) الخمائر الأسكية ٧٠
(٣,٢) الخمائر البازيدية ١٠٢
(٣,٣) خمائر غير كاملة التقسيم ١١٥
(٣,٤) المراجع ١١٨

الفصل الرابع : الخميرة لإنتاج الإيثانول كوقود ١١٩
(٤,١) مقدمة ١١٩
(٤,٢) المواد الأولية ١٢٢
(٤,٣) عملية إنتاج الإيثانول ١٣٤
(٤,٤) الخمائر المستخدمة ١٤٩
(٤,٥) تغذية الخميرة ١٥٥
(٤,٦) العوامل التي تؤدي إلى خفض الإنتاج ١٦٠

(٤,٧) ضبط الإنتاج والجودة ١٨٠
(٤,٨) تقنيات جديدة ١٨٣
(٤,٩) المراجع ٢١٨

الفصل الخامس: خمائر الخبيز ٢٢١
(٥,١) مقدمة تاريخية ٢٢١
(٥,٢) صناعة الخبز ٢٢٤
(٥,٣) تصنيع خميرة الخبيز ٢٣٤
(٥,٤) تداول الخميرة المضغوطة والخميرة النشطة الجافة ٢٤٧
(٥,٥) الصفات المرغوبة في خميرة الخبيز ٢٤٩
(٥,٦) سكر التريهالوز كمادة حامية للخميرة ٢٦٨
(٥,٧) تعريف سلالات خميرة الخبيز ٢٧٠
(٥,٨) خبز العجين الحامضي ٢٧٣
(٥,٩) المراجع ٢٨٨

الفصل السادس: الخمائر وفساد الأغذية ٢٩١
(٦,١) مقدمة ٢٩١
(٦,٢) عزل وتقدير أعداد الخمائر في الأغذية ٢٩٣
(٦,٣) فساد المنتجات الغنية بالسكر ٣٠٢

(٦,٤) فساد الفاكهة والخضراوات ٣١٢
(٦,٥) فساد الحليب ومنتجات الألبان..... ٣٣١
(٦,٦) فساد المنتجات المعتمدة على الحبوب..... ٣٤٥
(٦,٧) فساد الصلصات والسلاطات..... ٣٤٩
(٦,٨) فساد اللحوم والدجاج وأغذية بروتينية أخرى..... ٣٥٤
(٦,٩) فساد الأغذية البحرية..... ٣٦١
(٦,١٠) مقاومة فساد الأغذية بطربقة تعديل الغلاف الجوي لتعبئة الأغذية..... ٣٦٤
(٦,١١) مواد جديدة لحماية الأغذية من الفساد ٣٦٥
(٦,١٢) المراجع ٣٧٠

الفصل السابع: منتجات جديدة من الخميرة ٣٧١
(٧,١) مقدمة..... ٣٧١
(٧,٢) خمائر الأغذية والأعلاف..... ٣٧٤
(٧,٣) استخدام خميرة *Phaffia rhodozyma* في إنتاج صبغة أستاكسانثين ٤٠٢
(٧,٤) مزرعة الخميرة لتغذية حيوانات المزرعة ٤٣٩
(٧,٥) استخدام مزرعة الخميرة في مجال صحة الإنسان..... ٤٥١
(٧,٦) المراجع..... ٤٦٩

ثبت المصطلحات ٤٧٣
أولاً: عربي- إنجليزي..... ٤٧٣

ثانياً: إنجليزي- عربي ٤٨١

كشاف الموضوعات ٤٨٨