الفصل الثالث

تقسيم الخمائر
Yeast classification

سيظل علم تقسيم الكائنات الحية الدقيقة في حالة من التغيير المستمر نظراً لدخول علم الوراثة فيه منذ فترة حديثة نسبياً ، حيث من الوارد جداً أن يتغير اسم الميكروب أو يتم نقله من جنس إلى جنس آخر أو وضعه في جنس مستقل بناءً على ظهور صفة خاصة به. وقد ظلت الخمائر التابعة للجنس *Kluyveromyces* على سبيل المثال، مدرجة تحت الجنس *Saccharomyces* لفترة طويلة من الزمن إلى أن ظهرت لها صفات مميزة مثل قدرتها على تمثيل سكريات لا تمثلها أنواع خميرة الـ *Saccharomyces* ، فوضعت في جنس مستقل (*Kluyveromyces*).

وبناءً على ما ورد في قواعد بيانات النشوء الجزيئي للخمائر Database for Molecular Phylogeny of Yeast (DMPY) و بناءً على دراسة الشكل المورفولوجي لبعض الخمائر في كل مراحل التكاثر، والدراسات الفسيولوجية ،ودراسة التزاوج ، وصبغ الأنوية ، والحامض النووي التي وردت في قائمة المراجع والمواقع الإلكترونية

المدرجة في نهاية هذا الفصل فإنه يمكننا أن نضع الخمائر التي لها أهمية بالنسبة لموضوع هذا الكتاب في التقسيم التالي :

(١,٣) الخمائر الأسكية Ascomycota (ascomycetes)

هي الخمائر التي تتبع الفطريات الأسكية، وتنقسم إلى عدد كبير من الرتب ، منهم رتبتين (Schizosaccharomycetales ، Saccharomycetales) لها أهمية كبيرة بالنسبة لموضوع هذا الكتاب، ولذلك نلقي عليهما الضوء كما يلي :

(١,١,٣) رتبة Schizosaccharomycetales

تضم هذه الرتبة العائلة Schizosaccharomycetaceae التي تعرف بخمائر الانفلاق fission yeasts ، نظراً لأنها تتكاثر خضريا بالانفلاق كما يحدث في البكتيريا. وتضم هذه العائلة جنس واحد هو Schizosaccharomyces

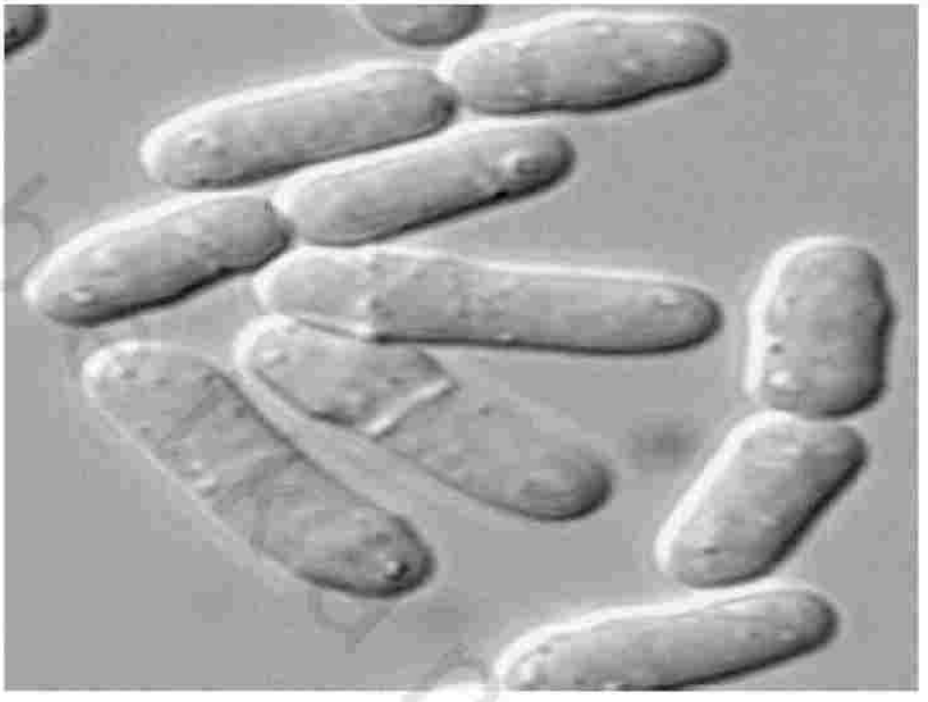
جنس *Schizosaccharomyces*

عزلت خمائر هذا الجنس لأول مرة منذ ما يزيد عن مائة عام من أحد أنواع البيرة المصنعة من حبوب الدخن في شرق أفريقيا. وجزء من اسم خمائر هذا النوع يأتي من كلمة Swahili اللاتينية ومعناها "بيرة". تتميز بعض خمائر هذا الجنس بأنها تحتوي على جينات كثيرة مماثلة للجينات المسئولة عن بعض الأمراض الخطيرة التي تصيب الإنسان مثل السرطان، تليف المثانة، الصمم، والسكر. وقد استخدمت خميرة

Schizosaccharomyces pombe (الشكل رقم ٣٠١) على مدى الخمسين عاماً الماضية كميكروب نموذجي لتجارب دراسة التكاثر والسلوك الوراثي تحت الظروف المختلفة، حيث أصبحت هذه الخميرة أداة هامة جداً لدراسة وظائف الخلية الأساسية في الكائنات حقيقية النواة كلها. ويمكن القول أن هذه الخميرة قد ساهمت إلى حد بعيد في معرفة كثير من المعلومات الوراثية التي أفادت في التوصل إلى علاج لكثير من الأمراض وعلى رأسها السرطان. يختلف جنس *Schizosaccharomyces* عن بقية الخمائر في أنه لا يتكاثر خضريا عن طريق التبرعم، ولكن يتكاثر عن طريق الانقسام الثنائي كما هو الحال في البكتيريا، وقد سبق توضيح هذا النوع من الانقسام. ويكون هذا الجنس جراثيم أسكية في أكياس أسكية بشكل سريع ولكنها تختلف عن الجراثيم الأسكية التي تكونها بقية أنواع الخميرة في أنها homothallic، أي تنتج من تزاوج خليتين متشابهتين ولها دورة حياة يتكون فيها الزيجوت مثلما يحدث بالضبط في معظم الفطريات. وهكذا فإن أي خليتين من هذه الخمائر يمكن أن تندمجا وتكونان زيجوت، وبمجرد تكون الزيجوت فإنه ينقسم انقسام ميوزي، يليه انقسام ميتوزي بحيث أن كل نواة تصبح جرثومة أسكية، ويصبح جدار الزيجوت القديم هو الكيس الأسكي.

ومن ناحية أخرى تتميز أنواع هذا الجنس بأنها تتحمل تركيزات عالية من السكر فعلى سبيل المثال فقد وجد أن النوع *Schizosaccharomyces octosporus* ينمو في تركيز سكر يزيد عن ٥٠٪ حيث تم عزله من الفاكهة المجففة مثل الزبيب والتين والبلح. ويضم هذا الجنس أربعة أنواع وهي :

Schizosaccharomyces pomble, Schiz. octosporus, Schiz. japonicus, Schiz. kambucha.



الشكل رقم (٣،١). خميرة *Schizosaccharomyces pombe*

المصدر: www.umassmed.edu/bmp/faculty/rhind.cfm?start=0

وقد استخدمت خميرة *Schiz. pombe* في المراحل المبكرة لتخمرات المشروبات الكحولية، وذلك لقدرة هذه الخميرة على تمثيل حامض الماليك، ولذلك اعتبرت هذه الخميرة هامة في تخمير المواد زائدة الحموضة ، ولكن النتائج على المستوى التجاري لم تلق نجاح مقبول، حيث أن إضافة سلالات من بكتيريا حامض اللاكتيك التي تستطيع تمثيل حامض الماليك أعطى نتائج أفضل.

(٢,١,٣) رتبة Saccharomycetales

تضم هذه الرتبة عدداً من العائلات أهمها Ascoideaceae ، و Cephaloasceae ، وDipodascaceae، و Endomycetaceae ، و Lipomycetaceae ، و Metschnikowiaceae، وSaccharomycetaceae، و Saccharomycodaceae ، و Saccharomycopsidaceae. وتعرف خمائر هذه الرتبة بالخمائر المتبرعمة Budding yeasts ، وفيما يلي سوف نلقي الضوء فقط على العائلات: Saccharomycetaceae، وSaccharomycodaceae، وSaccharomycopsidaceae، نظراً لارتباط معظم أنواعها بموضوعات هذا الكتاب.

أولاً: العائلة Saccharomycetaceae

تضم هذه العائلة عدد كبير من الأجناس ، معظمها هام بالنسبة لموضوع هذا الكتاب وفيما يلي نلقي الضوء على أهم هذه الأجناس :

جنس *Citeromyces*

يضم هذا الجنس نوعان من الخميرة وهما *Citeromyces matritensis* و*Citeromyces siamensis* وقد تم عزل هذه الخمائر من شراب الفاكهة واللبن المكثف كما تم عزلها أيضاً من منتجات غذائية أخرى ذات محتوى عالي من السكر مما جعل العلماء يتأكدون أن خمائر هذا الجنس تتحمل درجات عالية من الضغط الأسموزي. يتكاثر هذا الجنس خضريا عن طريق التبرعم متعدد الأقطاب. لا يكون هذا الجنس هيفات حقيقة أو هيفات كاذبة. تكون أنواع هذا الجنس أكياس أسكية، مستديرة،

ذات جدر سميكة ومقاومة للظروف البيئة الصعبة. تتكون في كل كيس أسكي ١-٢ جرثومة أسكية مستديرة ولها سطح خشن. هذا الجنس له نشاط تخمري عالي للسكريات، كما أن أنواع هذا الجنس لها القدرة على إنتاج مواد مضادة للبكتيريا بشكل قوي بالمقارنة ببقية أجناس الخمائر.

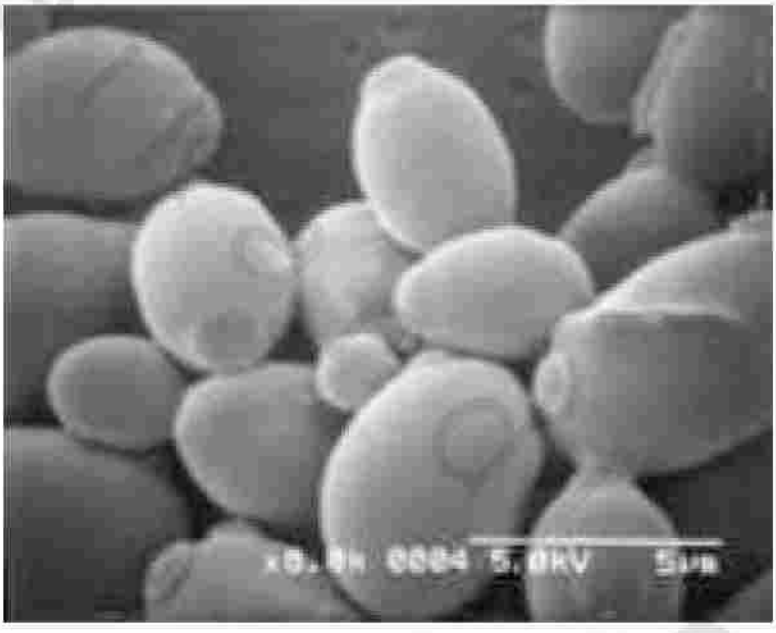
جنس *Debaryomyces*

يضم هذا الجنس كثير من الخمائر التي يمكنها أن تحلل النشا حيث يمكن لبعضها أن تنتج إنزيم Glucoamylase الذي يحلل النشا ذو الدرجات العالية من التفرع إلى نشا أقل تفرعاً (دكسترينات) وغير قابل للتخمر. ومن هذا الجنس توجد الخميرة *Debaryomyces occidentalis* (تسمى في بعض المراجع *Schwanniomyces occidentalis*) وهذه الخميرة تنتج إنزيم ألفا-أميليز وتحلل كل أنواع النشا بالكامل ولذلك عرفت بأنها خميرة سوبر في تحليل النشا واستخدمت كمصدر هام للإنزيمات المحللة للنشا.

تتميز بعض أنواع هذا الجنس بأنها تتحمل درجات عالية من الأسموزية مثل النوع Debaryomyces hansenii (الشكل رقم ٣،٢) المعروف بأنه يسبب فساد السجق المدخن وأنواع أخرى من اللحوم المملحة حيث يتحمل درجات عالية من الأسموزية لأنه ينتج Polyhydroxy alcohols التي تمكنه من النمو في درجات عالية من الأسموزية. يتكاثر هذا الجنس عن طريق تكوين البراعم متعددة الأقطاب وعن طريق تكوين الهيفات الكاذبة. يشتهر هذا الجنس بحدوث عملية التزاوج أو الاقتران

بين البرعم وبين الخلية الأم، كما تكون أنواع هذا الجنس أكياس أسكية، حيث يتكون في كل كيس أسكي ١-٤ جراثيم أسكية. شكل الجرثومة في الغالب كروي، ذو ملمس خشن. وهذا الجنس يضم حوالي ١٤ نوع من الخميرة أهمها:

Debaryomyces hansenii, D. *castellii*, D. *occidentalis*, *D. carsonii*, *D.* spp, *D. melissophilus*, *D. polymorphus*, *D. coudertii*, *D. mycophilus*, *D. nepalensis* *D. prosopidis*, *D. robertsia*



الشكل رقم (٣٠٢). الخميرة *Debaryomyces hansenii*.

المصدر: www.lip-sas.fr/levures_debaryomyces.htm

جنس *Dekkera* (*Brettanomyces*)

عرفت خمائر هذا الجنس (الشكل رقم ٣٠٣) منذ زمن بعيد. وقد وصفت أنواعه على أنها مسببة لفساد عصائر العنب وفساد المشروبات المتخمرة، حيث

عزلت من البيرة ، والمشروبات المتخمرة ، و العصائر. وتعتبر خمائر هذا الجنس مسئولة عن الخسارة الاقتصادية الكبيرة في صناعة المشروبات المتخمرة، وذلك بسبب مقدرتها على استهلاك السكريات المتبقية من الخمائر المستخدمة في إنتاج هذه المشروبات وإنتاج مواد ذات رائحة كريهة. وهذا الجنس يضم أربعة أنواع من الخميرة وهي:

Dekkera anomala, Dekkera bruxellensis, Dekkera custersiana, Dekkera naardenensis

أنواع هذا الجنس لها نشاط تخمري تحت الظروف الهوائية، ويمكن أن تنتج كميات هائلة من حامض الخليك خلال نموها على سكر الجلوكوز، حيث تؤكسد الأسيتالدهيد وهي إحدى النواتج الوسطية في مسار إنتاج الإيثانول. ولذلك فإن تخمرات إنتاج الإيثانول إذا تلوثت بهذه الخميرة تحدث خسارة كبيرة جداً في عملية إنتاج الإيثانول.

وقد عرفت هذه الخمائر على أنها خمائر برية ملوثة لتخمرات البيرة، وتعتبر خمائر غير مرغوب فيها على الإطلاق في صناعة الخمور(المحرمة شرعاً بالنسبة للمسلمين) ، حيث تسبب فسادها وإعطائها طعم غير مقبول من مستهلكي هذه المشروبات. غير أن هذه الخميرة يمكن أن تضاف بشكل متعمد عندما يطلب المستهلك ذلك، أي أن إضافتها تتم بشكل فردي وليس بشكل عام خصوصاً في أنواع الخمور الفرنسية.

تتكاثر أنواع هذا الجنس خضرياً عن طريق التبرعم متعدد الأقطاب وتكوين الهيفات الكاذبة. بعض الخلايا الخضرية لأنواع هذا الجنس تأخذ شكل مقوس من أحد أطرافها. الأكياس الأسكية قد تكون كروية أو اسطوانية الشكل، ويتكون داخل

كل كيس من ١ إلى ٤ جراثيم، كل جرثومة تشبه القبعة، ومع بلوغ مرحلة النضج تصبح الجراثيم غير محددة الشكل.

الشكل رقم (٣٠٣). الخميرة *Dekkera bruxellensis* .

المصدر: www.microvitis.com/Microscopie.php

جنس *Eremothecium*

يضم هذا الجنس خمسة أنواع من الخميرة وهي:

Eremothecium cymbalariae, Eremothecium ashbyi, Eremothecium coryli, Eremothecium gossypii, Eremothecium sinecaudum.

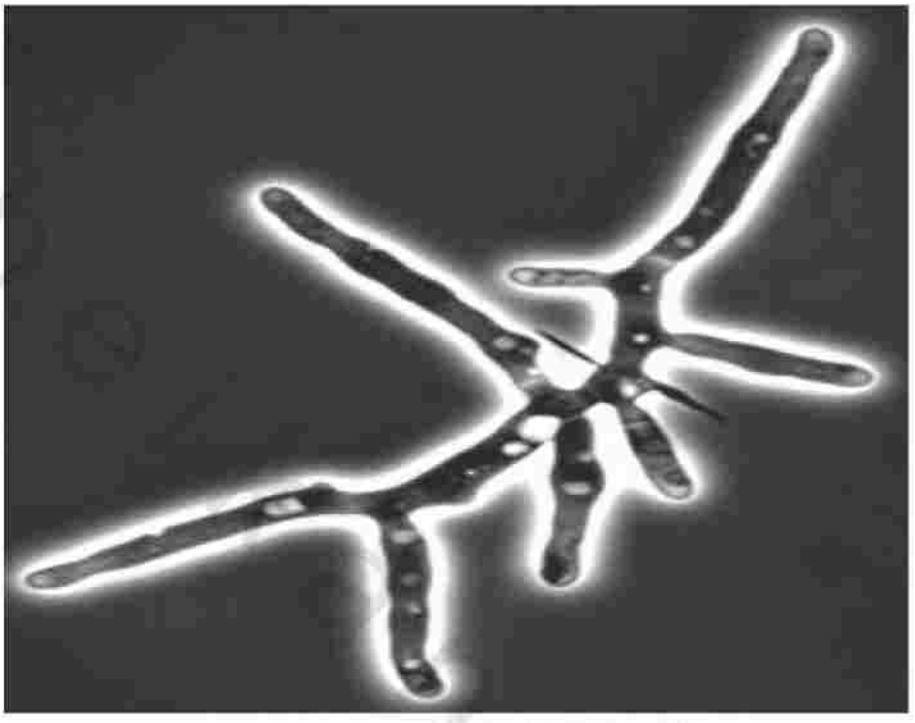
تتكاثر أنواع هذا الجنس عن طريق تكوين الهيفات الحقيقة والهيفات الكاذبة ، كما أن النوعين *E. coryli* ، و *E. sinecaudum* تكونان براعم في حين أن الثلاثة أنواع الأخرى لا تكون براعم. الأكياس الأسكية التي قد تكون مستطيلة أو مغزلية الشكل، تنتج على الهيفات، ويوجد بصفة عامة ثماني جراثيم على الأقل في كل كيس أسكي . تتحرر هذه الجراثيم من الكيس الأسكي عند بلوغها مرحلة النضج عن طريق تمزيق جدر الأكياس الأسكية.

يعتبر هذا الجنس غير عادي بالنسبة لبقية الخمائر الأسكية لأن الخمائر الأسكية غير ممرضة للنبات باستثناء هذا الجنس. هذا الجنس من الخمائر يكون خيوط مثل التي تكونها الفطريات (الشكل رقم ٣٠٤) وينتج خلايا داخل العائل النباتي الذي يصيبه بالمرض . وأحيانا يكون هذا الجنس سبباً في خسارة اقتصادية كبيرة حيث يصيب الخضروات مثل الطماطم كما يصيب المحاصيل الحقلية مثل القطن كما يصيب الموالح وكذلك فول الصويا. ولكن على كل حال فإن بعض من أنواع هذا الجنس رغم أنها ممرضة للنباتات مثل *Eremothecium ashbyi* إلا أنها تستخدم في الإنتاج الصناعي للريبوفلافين (فيتامين ب٢) من خلال عمليات التخمر.

جنس *Issatchenkia*

يضم هذا الجنس أربعة أنواع معروفة من الخميرة وهي:

Issatchenkia occidentalis, Issatchenkia orientalis, Issatchenkia scutulata, Issatchenkia terricola



الشكل رقم (٣,٤). الخميرة *Eremothecium gossypii*.

المصدر: www.biologie.uni-osnabrueck.de/Genetik/print

تتكاثر أنواع هذا الجنس خضريا عن طريق تكوين البراعم متعددة الأقطاب والهيفات الكاذبة. الأكياس الأسكية قد تكون مستطيلة أو كروية، سمكية الجدار، ومقاومة للظروف البيئية الصعبة، وفي داخل كل كيس يتكون من ١ – ٤ جراثيم ذات شكل كروي وملمس خشن. البيئة الطبيعية لهذه الخمائر هي التربة، الفاكهة، الأزهار، وإفرازات الأشجار، كما عزلت الخميرة *Issatchenkia orientalis* أيضاً من جسم الإنسان، وبعض الحيوانات. كل أنواع هذا الجنس تخمر سكر الجلوكوز، ولكن لا

تستطيع تخمير السكريات الأخرى. ورغم أن أنواع هذا الجنس يمكنها أن تنتج الإيثانول من الجلوكوز إلا أنها لا تستخدم على المستوى التجاري لهذا الغرض.

السمة المميزة لأنواع هذا الجنس استخدامها في إزالة صبغات الآزو التي توجد في المخلفات المائية لمصانع الأنسجة حيث أن أنواع هذا الجنس وخصوصاً الخميرة *Issatchenkia occidentalis* يمكنها أن تختزل هذه الصبغات وتحولها إلى مواد عديمة اللون. تتميز أنواع هذا الجنس بقدرتها على تحليل الأحماض العضوية واستخدامها كمصدر للكربون والطاقة ولهذا فإن بعض أنواع هذا الجنس مثل الخميرة *Issatchenkia orientalis* يمكنها أن تنمو مع بكتيريا حامض اللاكتيك في الزبادي حيث تعيش الخميرة على نواتج تمثيل بكتيريا حامض اللاكتيك. وقد استغلت هذه الظاهرة في استخدام هذه الخميرة في تقليل رقم الـ pH لبعض الأغذية المتخمرة وذلك لإعطاء الفرصة للبكتيريا الصديقة Probiotics لكي تتكاثر وتتواجد بأعداد كبيرة في هذه الأغذية. ولنفس السبب فإن هذه الخميرة تسود في السيلاج حيث تتغذى على الأحماض الناتجة أثناء صناعة السيلاج. كذلك فإن بعض أنواع هذا الجنس مثل *Issatchenkia scutulata* يسبب فساد الفاكهة مثل الخوخ والبرقوق.

جنس *Blastoschizomyces*

تعيش أنواع هذا الجنس في التربة، والشواطئ الرملية، كما تعيش في زرق الدواجن وفي لباب الخشب. توجد أنواع من هذا الجنس كأحد أعضاء الميكروفلورا الطبيعية التي تعيش في القناة الهضمية وعلى جلد الإنسان.

يحتوي هذا الجنس على نوع واحد وهو الخميرة *Blastoschizomyces capitatus* وقد كانت هذه الخميرة تتبع الخمائر البازيدية من قبل ثم وجد بعد ذلك أنها أقرب إلى الخمائر الأسكية اعتماداً على تركيب الجدار الخلوي وطريقة تكوين الجراثيم. هذه الخميرة تسبب أمراض وخصوصاً بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من مرض نقص المناعة.

جنس *Kazachstania*

هذا الجنس يضم خمسة أنواع من الخميرة و لا توجد دراسات كافية عن هذا الجنس وربما يكون لأنواع هذا الجنس علاقة ببعض الأمراض التي تصيب الإنسان حيث وجد أن هناك تشابه وراثي بين أنواع هذا الجنس وبين بعض أنواع جنس *Candida* المسببة لبعض الالتهابات في فئران التجارب.

جنس *Kluyveromyces*

يوجد حوالي ٢٠ نوعاً معروف من خمائر هذا الجنس (الشكل رقم ٣،٥). تتكاثر خمائر هذا الجنس خضريا عن طريق التبرعم متعدد الأقطاب ، وتكوين الهيفات الكاذبة. الأكياس الأسكية، قد تكون كروية أو مستطيلة وفي داخل كل كيس عدد من الجراثيم الأسكية يتراوح بين ١ و ٤. ولكن بعض أنواع هذا الجنس مثل *Kluyveromyces africans* قد تكون عدد من الجراثيم الأسكية يتراوح بين ١٦ و ٢٠ جرثومة، بل إن الخميرة *Kluyveromyces polysporus* تنتج ما يزيد عن ١٠٠ جرثومة

أسكية في كل كيس أسكي. بعض أنواع هذا الجنس تكون جراثيم تشبه كل منها حبة الفاصوليا من حيث الشكل أو تأخذ شكل الكلية Kidney-shaped.

عزلت أنواع جنس *Kluyveromyces* من التربة، الماء، الفاكهة وبعض المواد النباتية الأخرى، إفرازات الأشجار، المنتجات اللبنية، ومن بعض الحشرات مثل ذبابة الدروسوفلا.

تخمر كل أنواع جنس *Kluyveromyces* سكر الجلوكوز، كما تتميز بخاصية تخمير سكر اللاكتوز، ولذلك تستخدم أنواع من هذا الجنس في إنتاج الإيثانول تجارياً من مخلفات المنتجات اللبنية، حيث لا تستطيع خميرة الإيثانول التقليدية (*Saccharomyces cerevisiae*) أن تخمر اللاكتوز بشكل مباشر. وتتحمل هذه الخمائر درجات حرارة عالية ولها كفاءة عالية في تخمير سكر اللاكتوز الثنائي.

وتستخدم خمائر هذا الجنس غالباً في خفض المادة العضوية الخاصة بشرش اللبن وبقية مخلفات مصانع الألبان قبل صرفها في الأنهار حتى لا تكون مصدرا للتلوث. وبعض أنواع هذا الجنس مثل خميرة *Kluyveromyces marxianus* يمكن أن تحلل الأنيولين ولذلك تستخدم في الإنتاج التجاري لإنزيم الأنيولينيز.

ينبع الاهتمام الشديد بأنواع الجنس *Kluyveromyces* من الخواص المميزة لهذا الجنس بالمقارنة بجنس *Saccharomyces*. فقد وجد أن أنواع الجنس *Kluyveromyces* تستطيع أن تمثل مدى أوسع من مصادر الكربون بالمقارنة بأنواع الجنس *Saccharomyces* (بصرف النظر عن الكفاءة). كما وجد أن أهم صفة تميز أنواع الجنس *Kluyveromyces* بالمقارنة بأنواع الجنس *Saccharomyces* هي أنه لا يعاني من ظاهرة ما

يعرف بتأثير الجلوكوز أو تثبيط الجلوكوز التي يعاني منها جنس *Saccharomyces* (تأثير الجلوكوز هو التثبيط الذي يحدث للخميرة عندما تتواجد كمية كبيرة من الجلوكوز في البيئة، فنظراً لأنه سكر سهل التحلل، فيكون معدل عملية تمثيله في البداية عالي، ويفوق قدرة الخلية على إكمال مسارات التفاعل فتحدث تراكمات للنواتج الوسطية تسبب توقف الخلايا عن التمثيل وبالتالي عن النمو).

وبالإضافة إلى الأبحاث الرئيسية في علم الميكروبيولوجي فإن أنواع الجنس *Kluyveromyces* وخصوصاً *K. lactis* تستخدم في الإنتاج الصناعي لإنزيم ß-galactosidase الذي لا تستطيع أنواع الجنس *Saccharomyces* أن تنتجه. كما تتميز أنواع هذا الجنس بأن لها القدرة على إنتاج مستويات عالية من أنواع خاصة من البروتين Heterologous protein والتي لها صفات علاجية هامة بالنسبة للإنسان. وأهم الأنواع التي يضمها هذا الجنس هي :

K. africanus, K. bacillisporus, K. blattae, K. dobzhanskii, K. fragilis, K. hubeiensis, K. lactis,
K. lodderae, K. marxianus, K. piceae, K. polysporus, K. thermotolerans, K. waltii, K. wickerhamii.

جنس *Pachysolen*

يضم هذا الجنس نوع واحد من الخميرة وهو *Pachysolen tannophilus*. أهم ما يميز هذه الخميرة هي قدرتها على تخمير سكر الزيلوز إلى كحول الإيثانول. فمن المعروف أن ما يقرب من نصف الخمائر تستطيع أن تمثل سكر الزيلوز، ولكن قليل

منها تستطيع أن تمثله وتخمره في نفس الوقت. لذلك، هناك اهتمام كبير بتلك بالخمائر التي تحول سكر الزيلوز إلى إيثانول (انظر الفصل الرابع).

جنس *Pichia*

تجدر الإشارة إلى أن الاسم المرادف لهذا الجنس في هذا الكتاب وفي كثير من المراجع هو Hansenula، حيث ظل هذا الجنس معروف باسم Hansenula منذ اكتشافه سنة ١٩٠٤م وحتى وقت قريب. يضم هذا الجنس أكثر من مائة نوع معروف. تتكاثر خمائر جنس Pichia خضريا عن طريق التبرعم متعدد القطبية، وأحياناً عن طريق تكوين الهيفات الكاذبة أو الهيفات الحقيقية. وفي الأنواع التي تكون هيفات حقيقية يمكن بسهولة تمييز الحواجز العرضية التي تفصل بين الخلايا. الأكياس الأسكية قد تكون كروية أو مستطيلة الشكل، ويتكون داخل كل كيس ١-٤ جراثيم أسكية، ولكن نادراً ما تتكون ٨ جراثيم أسكية داخل الكيس الواحد. معظم الجراثيم تأخذ شكل القبعة، وقليل منها يأخذ الشكل الكروي. تسود خمائر هذا الجنس في التربة، الماء، الأشجار، الفاكهة ، والحشرات. بعض الأنواع لها نشاط تخمري والبعض الآخر ليس له نشاط تخمري.

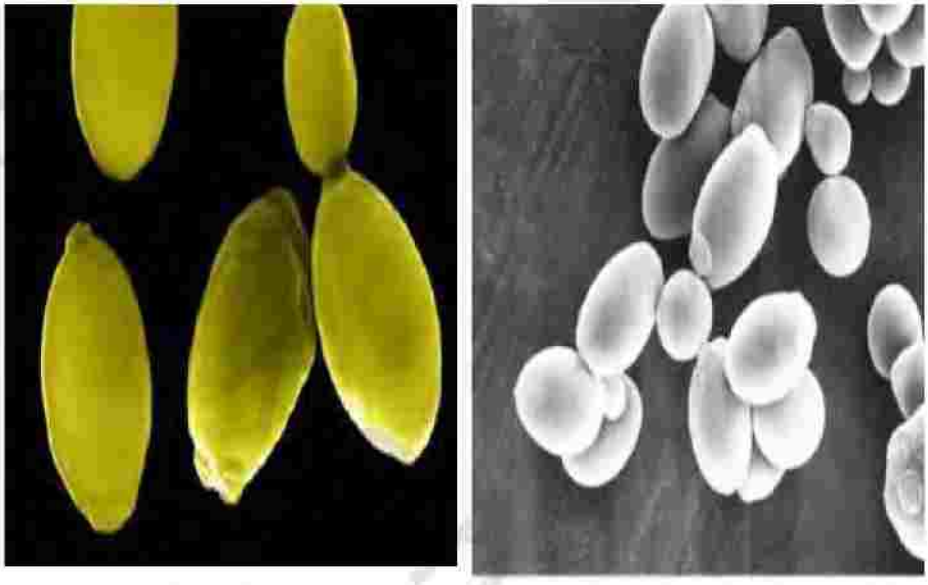
وخميرة *Pichia stipitis* ، لها أهمية تكنولوجية كبيرة بسبب قدرتها الهائلة على تخمير سكر الزيلوز ، وهو أحد أهم مكونات المواد النباتية الذي ظل لفترة طويلة ينظر إليه على أنه سكر غير قابل للتخمر، حيث أن خميرة الإيثانول التقليدية (*Saccharomyces cerevisiae*) لا تستطيع تخمير هذا السكر بشكل مباشر وإنما لابد من

تحويله إلى زيلولوز أولاً ثم تخميره بواسطة خميرة *S. cerevisiae* ثانياً. كما ثبت أيضاً أن خميرة *Pichia nakazawae* لها نشاط عالي في إنتاج إنزيم الأميليز. أما خميرة *Pichia guilliermondi*، فلها أهمية كبيرة في إنتاج الريبوفلافين وتستخدم على المستوى التجاري لهذا الغرض.

كما تتميز بعض أنواع هذا الجنس بأنها تتحمل الأسموزية العالية مثل *farinosa*, (الشكل رقم ٣٠٥) التي تم عزلها من صلصة فول الصويا ومن منتج الميزو Miso وهو أحد الأغذية المتخمرة. وبسبب تحمل هذا النوع لتركيزات عالية من الملح فقد استخدم في إنتاج هذه الأغذية المتخمرة المملحة. كذلك فإن الخميرة *Pichia anomala* (*Hansenula anomala*) التي تتحمل درجة عالية من الأسموزية استخدمت في اليابان كخميرة خبيز حيث تستعمل في إنتاج أنواع من الفطائر المحتوية على تركيز عالي من السكر، ولكنها أيضاً سبب فساد عدد كبير من مختلف أنواع الأغذية. أما خميرة Pichia subpelliculosa ، فلها نشاط رهيب في فساد الأغذية حتى أنها تشترك تقريباً في فساد معظم الأغذية (انظر الفصل السادس). وقد يكون من غير المناسب أن نذكر أسماء كل الأنواع التابعة لهذا الجنس، حيث تزيد عن المائة كما أوضحنا، ولكن أهم الأنواع هي:

P. angusta, P. anomala, P. barkeri, P. besseyi, P. bispora, P. bovis, P. Canadensis, P. capsulate,
P. castillae, P. ciferrii, P. delftensis, P. deserticola, P. etchellsii, P. euphorbiiphila, P. fabianii,
P. farinose, P. fermentans, P. glucozyma, P. guilliermondii, P. hawaiiensis, P. holstii, P. inositovora, P. jadinii, P. japonica, P. kluyveri, P. manshurica, P. media, P. methanolica, P. mexicana, P. misumaiensis, P. naganishii, P. nakasei, P. nakazawae, P. onychis, P. petersonii, P. pijperi, P. populi, P. rhodanensis, P.

salicis, P. salictaria, P. strasburgensis, P. subpelliculosa, P. sydowiorum, P. tannicola, P. toletana, P. wickerhamii, P. xylosa.



الشكل رقم (٣،٥): على اليمين الخميرة *Kluyveromyces lactis* وعلى اليسار الخميرة *Pichia farinosa*

المصدر: www.newish-germs.com/.../Thal/SecMicroorg.html

جنس *Saccharomyces*

عرفت هذه المجموعة من الخمائر منذ قديم الزمان بارتباطها المباشر بالإنسان حيث استخدم الإنسان الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* والخمائر القريبة منها في صناعة الخبز والمشروبات الكحولية ومنتجات غذائية متخمرة كثيرة. وعلى ذلك فإن هذه الخميرة هي أكثر الخمائر التي تم فهمها ودراستها. وهذه الخميرة لها قيمة صناعية

عظيمة منذ القدم وتستخدم الآن في إنتاج أنواع كثيرة من الهرمونات وأنواع أخرى من البروتينات التي لها قيمة في الصناعات الدوائية.

عزلت هذه الخميرة من القناة الهضمية للإنسان والطيور ، والخمور، والبيرة ، والفاكهة ، والأشجار ، والنباتات ، والزيتون ، والتربة. وتعرف هذه الخميرة بخميرة الخبيز أو خميرة البيرة، وتستخدم بشكل شائع جداً في أغراض إنتاج الإيثانول كوقود، وفي صناعة الخبز، وفي صناعة البيرة ومختلف أنواع الخمور، وفي الصناعات الغذائية وغيرها .

ومن أشهر أنواع هذا الجنس الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* وهي التي تستخدم في معظم الأغراض السابق الإشارة إليها. ومن المميزات الهامة لهذه الخميرة أنها قابلة للتعديل الوراثي. وتستخدم هذه الخميرة بشكل دائم كنموذج في أبحاث الفطريات التي تشمل الوراثة الجزيئية أو تحليل الحامض النووي DNA.

ومن أهم أنواع هذا الجنس أيضاً الخميرة *Saccharomyces boullardii* التي لها صفات علاجية وتم حديثاً اعتبارها ضمن ميكروبات المعاونات الحيوية Probiotics حيث تستخدم في علاج حالات الإسهال المصاحبة لتناول المضادات الحيوية (انظر الفصل السابع) .

تنمو خمائر هذا الجنس بسرعة وتنضج خلال ثلاثة أيام. المستعمرات مستوية أو مسطحة، ناعمة ، رطبة وليست جافة ، قد تكون متلألئة ، ذات لون كريمي. ومن الصفات التقليدية المميزة لهذا الجنس هي عدم مقدرته على الاستفادة من النترات ومقدرته على تخمير مختلف أنواع المواد الكربوهيدراتية. توجد الخلايا منفردة ،

وشكلها مستدير أو بيضاوي أو قد يكون اسطواني. يتميز هذا الجنس بأنه يتكاثر خضريا بالتبرعم متعدد القطبية أي أن البرعم يتكون في أي مكان على سطح الخلية. لا يكون هذا الجنس هيفات وإن وجدت الهيفات الكاذبة فتكون بدائية وليست واضحة.

تكون خمائر هذا الجنس جراثيم أسكية عندما تنمو على بيئات معينة. الجراثيم الأسكية مستديرة الشكل وتوجد في أكياس أسكية ، وكل كيس أسكي يحتوي من ١-٤ جراثيم أسكية. الأكياس الأسكية لا تتمزق عند بلوغ مرحلة النضج. يمكن صبغ الجراثيم الأسكية بواسطة صبغة الكينيون Kinyoun ، وصبغة الجراثيم الأسكية ، وعندما يتم الصبغ بواسطة صبغة جرام تظهر الجراثيم الأسكية سالبة لصبغة جرام في حين أن الخلايا الخضرية تظهر موجبة لصبغة جرام. يمكن بسهولة رؤية الخلايا المتبرعمة لهذا الجنس تحت الميكروسكوب. وعلى ذلك فإنه بملاحظة التبرعم متعدد القطبية، وتكون الجراثيم الأسكية، والنشاط التخمري يمكن تمييز جنس *Saccharomyces* عن باقي الخمائر. والخمائر الآتية هي أهم أنواع هذا الجنس بالنسبة لموضوع هذا الكتاب :

Saccharomyces cerevisiae, S. boulardii, S. diastaticus, S. pastorianus, S. exiguous, S. kluyveri,
S. globosus, S. rosinii, S. ellipsoideus, S. douglasii, S. uvarum.

جنس *Torulaspora*

توجد خمائر هذا الجنس بشكل طبيعي على أسطح كثير من الحبوب، وعزلت من بعض منتجات الحلويات وبعض المخبوزات. تتكاثر هذه الخميرة خضرياً عن طريق التبرعم. يضم هذا الجنس الأنواع:

Torulaspora delbrueckii, Torulaspora franciscae, Torulaspora globosa, Torulaspora pretoriensis.

أهم نوع في خمائر هذا الجنس من وجهة نظر موضوع هذا الكتاب هي خميرة *Torulaspora delbrueckii*. هذه الخميرة تشبه خميرة *Saccharomyces cerevisiae* وتستخدم في إنتاج البيرة من القمح على المستوى التجاري. والبيرة المنتجة بواسطة هذه الخميرة تتميز بأن لها طعم لاذع بسبب قدرة هذه الخميرة على إنتاج مادة 4-Vinyl Guaiacol Decarboxylating Ferulic Acid من القمح. وهي خمائر حساسة جداً بالنسبة لدرجة الحرارة المرتفعة ودرجة الـ pH المنخفضة.

تستخدم هذه الخميرة أيضاً في كثير من الأبحاث حيث ثبت أنها تنتج إنزيم التريهالوز. كما تتميز هذه الخميرة بأن لها قدرة فائقة في تصنيع سكر التريهالوز ولذلك فإن هذا السكر يتراكم داخل خلاياها مما يجعلها تتحمل عملية التجفيد والتخزين على درجات حرارة منخفضة تصل إلى سالب ٨٥°م. ومن ناحية أخرى فإن كثير من خمائر هذا الجنس تسبب فساد الأغذية كما ورد في الفصل السادس من هذا الكتاب.

جنس *Williopsis*

يضم هذا الجنس حوالي عشرة أنواع أهمها الخمائر:

W. beijerinckii, W. mrakii, W. mucosa, W. saturnus, W. suaveolens, W. alifornica.

تسمى بعض أنواع هذه الجنس بالخميرة القاتلة Killer yeast لأنها تنتج مواد سامة تقتل الكائنات الأخرى وفي نفس الوقت لا تتأثر الخميرة بهذه المواد السامة التي تنتجها. فعلى سبيل المثال فإن الخميرة *W. mrakii* تنتج ميكوسين Mycocin أو سموم

قاتلة للخمائر الأخرى تعرف بـ HMK. هذا السم له درجة ثبات قوية جداً عند درجات الحرارة المرتفعة وعند درجات الـ pH المرتفعة وله مدى واسع من النشاط ضد عدد كبير من الخمائر الأخرى. وهناك دراسات كثيرة تجرى الآن بغرض نقل الجين المسئول عن إنتاج هذا السم إلى الخمائر التي تستخدم في الصناعة حتى يمكنها أن تحمي نفسها من بقية الخمائر التي تتداخل معها وتسبب خسارة اقتصادية في هذه الصناعات.

جنس *Zygosaccharomyces*

من الأجناس الهامة بالنسبة لموضوع هذا الكتاب ويضم حوالي ١٤ نوعاً أهمها:

Zygosaccharomyces bailii, Z. bisporus, Z. cidri, Z. fermentati, Z. florentinus, Z. mellis, Z. microellipsoides, Z. mrakii, Z. rouxii.

تتميز هذه المجموعة من الخمائر بتحمل درجة عالية جداً من الأسموزية حيث وجد أنها يمكن أن تنمو في بيئة تحتوي على ٦٠٪ جلوكوز ولذلك فإن بعض منها مثل *Z. rouxii* تعتبر خمائر مسببة لفساد الأغذية التي تحتوي على تركيز عالي جداً من السكر، حيث تخمر العسل وتسبب فساده كما تخمر عجينة السكريات المجهزة لإنتاج الشيكولاتة مع إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون. كذلك فإن النوع *Z.bailii* يقاوم المواد الحافظة التي تضاف للأغذية وتنمو جيداً في عصائر الفاكهة ومشروبات الفاكهة المضاف لها مادة البنزوات أو حامض اللاكتيك كمواد حافظة. أما النوع *Z. bisporus* فقد تم عزله من الخيار المتخمر بعد فساده. وعلى الرغم من أن خمائر هذا الجنس

يمكنها أن تخمر عصائر العنب المركزة إلا أنها غير شائعة في إنتاج الخمور، ربما لأنها تسبب أيضاً فسادها.

جنس *Aciculoconidium*

يضم هذا الجنس نوع واحد من الخميرة وهو aculeatum. تتكاثر هذه الخميرة خضريا عن طريق التبرعم الذي يأخذ أشكال متعددة وعن طريق الهيفات الحقيقة، ولا تكون هيفات كاذبة. تتكون خلايا إبرية ذات قواعد مستديرة على الهيفات وكبراعم على الخلايا. هذا الشكل غير العادي للخلايا يعتبر أحد الخصائص التي تميز خميرة هذا الجنس. وقد تم عزل سلالتين من النوع الوحيد الذي يتبع هذا الجنس من ذبابة الدروسوفلا. خميرة هذا الجنس لها نشاط تخمري ضعيف.

جنس *Blastobotrys*

يضم هذا الجنس ستة أنواع من الخميرة وهي:

Blastobotrys arbuscula, Blastobotrys aristata, Blastobotrys capitulate, Blastobotrys elegans, Blastobotrys nivea, Blastobotrys proliferans.

وقد عزلت أنواع هذا الجنس من مصادر متعددة ومختلفة حيث قد توجد على بذور بعض النباتات أو في أكوام الكومبست ، كما عزل بعضها من عيش الغراب والخشب المتحلل ومخلفات الحيوانات ، التربة والخضروات ، كما يسود بعضها في الأماكن ذات المناخ الاستوائي. أنواع هذا الجنس تسبب أمراض حيث تؤثر على

الجهاز العصبي عن طريق استنشاق الجراثيم، كما تؤثر على العين والقناة الهضمية ويمكن أن تسبب أمراض للكلاب. وبصفة عامة لا توجد معلومات متاحة كافية عن هذا الجنس.

جنس *Candida*

يضم هذا الجنس أنواع كثيرة جداً لها أهمية بالنسبة لموضوع هذا الكتاب وهو من الخمائر الشائعة جداً ومنها أنواع كثيرة تسبب أمراض للإنسان والحيوان، كما أن منها أنواع توجد ضمن الميكروبات الطبيعية التي تعيش على الجلد، وفي الفم، وفي المهبل، وفي البراز. وكما أن هذا الجنس يستعمر الأغشية المخاطية كميكروب ممرض فإنه أيضاً يعيش في البيئة الطبيعية وخصوصاً على أوراق الأشجار، والأزهار، والماء، والتربة. وفي حين أن معظم أنواع هذا الجنس تتكاثر خضرياً فإن بعضها يتكاثر جنسياً. يحتوي هذا الجنس على حوالي ١٥٤ نوعاً من بينها ستة أنواع شائعة كمسببات لأمراض الإنسان وهي:

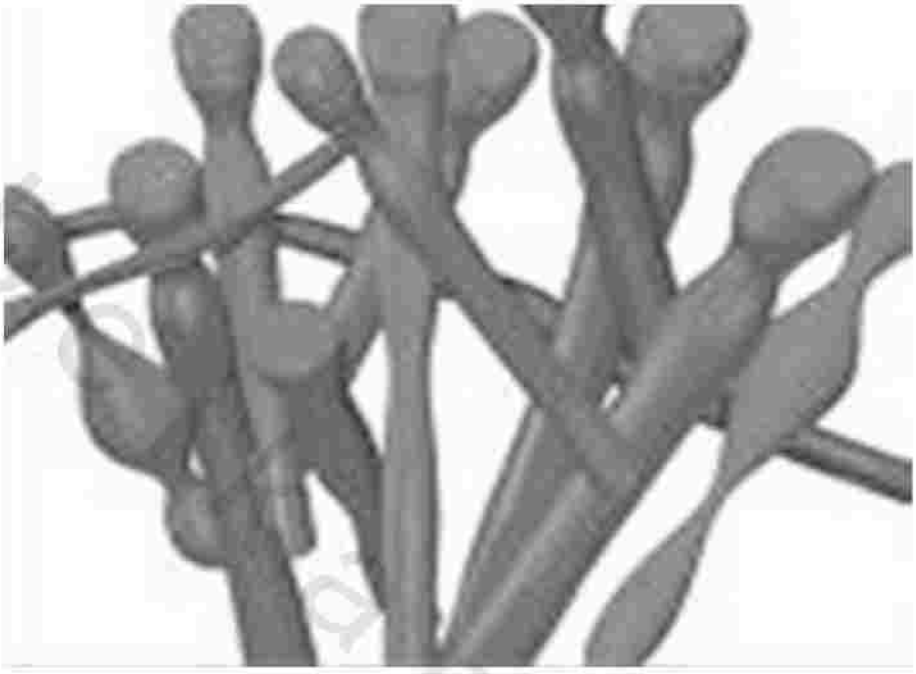
Candida albicans, Candida tropicalis, Candida glabrata, Candida parapsilosis, Candida krusei, Candida lusitaniae.

مستعمرات هذا الجنس ذات لون كريمي أو أصفر، تنمو سريعاً وتصل الخلايا إلى مرحلة النضج الكامل في خلال ثلاثة أيام. بناء المستعمرة يشبه الفطيرة pasty، والمستعمرات ناعمة، متلألئة، أو قد تكون جافة متجعدة (حسب النوع). كل أنواع هذا الجنس تنتج blastoconidia مفردة أو في عناقيد صغيرة ، وقد تكون الـ blastoconidia مستديرة أو مستطيلة . معظم أنواع هذا الجنس تكون هيفات كاذبة

والتي قد تكون طويلة متفرعة أو تأخذ شكل المنحنى. بعض السلالات تكون هيفات حقيقة وتنتج جراثيم كلاميدية . ويعتبر تكون جراثيم كلاميدية ذات جدر سميكة ، من الخصائص المميزة لبعض أنواع جنس *Candida* ، مثل خميرة *Candida albicans* (الشكل رقم ٣٠٦) وعلى الرغم من أن الأنواع تنتمي إلى نفس الجنس فإن هناك درجة كبيرة من الاختلاف بالنسبة لقوام المستعمرة، والشكل المورفولوجي على بيئة آجار–الشوفان توين ٨٠ Cornmeal tween 80 ، عند درجة حرارة ٢٥°م ، كما أن هناك أيضاً اختلاف بين الأنواع في النشاط التخمري وتمثيل المواد المستخدمة في التعريف والتي سبق الإشارة إليها .

وعلى أية حال يمكن تمييز خمائر جنس Candida عن بقية الخمائر على أساس الشكل المورفولوجي على بيئة آجار–الشوفان توين ٨٠، وتكون الكبسولة، و إنتاج إنزيم اليوريز، والمقدرة على النمو في وجود السيكلوهيكساميد (انظر الاختبارات الفسيولوجية) والنشاط التخمري. وتعتبر الخمائر الآتية أهم أنواع جنس *Candida*، بالنسبة لموضوع هذا الكتاب:

C. ambrosiae, C. antillancae. C. anutae, C. apicola, C. ethanolica, C. famata, C. fructus, C. glaebosa, C. guilliermondii, C. haemulonii, C. holmii, C. humilis, C. insectalens, C. javanica, C. kefyr, C. krusei, C. lambica, C. lusitaniae, C. melinii, C. milleri, C. mycoderma, C. paludigena, C. parapsilosis, C. pseudointermedia, C. sake, C. shehatae, C. solani, C. stellata, C. albicans, C. tropicalis, C. utilis, C. valida, C. zeylanoides, C. diffuens, C. hawaiiana, C. humicola, C. intermedia, C. lactis, C. lactis-condensi, C. lusitaniae, C. lipolytica, C. pseudotropicalis, C. sorboxylosa, C. sphaerica, C. versatilis.



الشكل رقم (٣٠٦). الخميرة *Candida albicans*.

المصدر: www.pharmag8.com/vb/showthread.php?t=429

جنس *Myxozyma*

يضم هذا الجنس حوالي عشرة أنواع من الخميرة أهمها :

Myxozyma geaphila, Myxozyma kluyveri, Myxozyma lipomycoides, Myxozyma melibiosi, Myxozyma monticola.

تتكاثر هذه الخمائر خضرياً عن طريق التبرعم متعدد القطبية. لا تكون خمائر هذا الجنس هيفات كاذبة ولا هيفات حقيقية. يمكن تمييز هذه الخمائر بملاحظة مزارعها المخاطية. أنواع هذا الجنس ليس لها نشاط تخمري. عزلت خمائر هذا الجنس من التربة، وبعض الحشرات.

جنس *Schizoblastosporion*

يضم هذا الجنس نوعين من الخميرة وهما *Schizoblastosporion chiloense* و*Schizoblastosporion starkeyihenricii*. تتكاثر خمائر هذا الجنس خضريا عن طريق التبرعم على القاعدة العريضة للخلية، وقد تكون هيفات كاذبة، وهيفات حقيقية. أنواع هذا الجنس ليس لها نشاط تخمري، وقد تم عزلها من التربة والأخشاب المتحللة ومحتويات معدة الإنسان.

جنس *Trigonopsis*

يضم هذا الجنس نوع واحد من الخميرة وهو *Trigonopsis variabilis*. تتكاثر هذه الخمائر عن طريق التبرعم، ولا تكون هيفات كاذبة ولا هيفات حقيقية . هذه الخميرة تعتبر غير عادية الشكل ، حيث أن الخلايا تأخذ شكل المثلث، وهذه تعتبر صفة مميزة لهذه الخميرة الشكل رقم (٣،٧). وتبرعم الخلايا المثلثة يكون من رؤوس المثلث. هذه الخميرة ليس لها نشاط تخمري، وقد عزلت من البيرة ومن العنب الناضج.

ثانياً: العائلة Saccharomycodaceae

تضم هذه العائلة أربعة أجناس تضم أنواع معظمها له أهمية بالنسبة لموضوع الكتاب وهي كما يلي:

جنس *Hanseniaspora*

تتكاثر خضريا عن طريق تكوين براعم أحادية أو ثنائية القطبية، كما أن بعض الأنواع تكون هيفات كاذبة، لا تمثل النترات، تكون جراثيم أسكية تأخذ شكل القبعة، تخمر الجلوكوز، لا تشترك في فساد الفاكهة غير المصنعة ولكن أنواع منها تسبب فساد الفاكهة المصنعة. وقد استخدمت بعض سلالات الخميرة مثل *Kluyveromyces phaffii*، في مقاومة خمائر الفساد المنتمية لهذا الجنس. وأهم الأنواع التي يضمها هذا الجنس هي :

H. clermontiae, H. lachancei, H. meyeri, H. opuntiae, H. osmophila, H. uvarum, H. valbyensis, H. vineae.

الشكل رقم (٣٠٧). الخميرة *Trigonopsis variabilis*.

المصدر: elrincondelmalacologo.icspana.es/Listado%20de.

جنس *Nadsonia*

يضم هذا الجنس ثلاثة أنوع من الخميرة وهي:

Nadsonia commutate, Nadsonia elongate, Nadsonia fulvescens .

تتكاثر هذه الخمائر خضرياً عن طريق تكوين البراعم ثنائية القطبية، كما تتكاثر جنسياً عن طريق تكوين الأكياس الأسكية. ويحدث في هذا الجنس تكاثر جنسي بين البرعم وبين الخلية الأم، وحسب نوع الخميرة قد تصبح الخلية الأم هي الكيس الأسكي أو قد يصبح البرعم هو الكيس الأسكي. وعدد الجراثيم في كل كيس أسكي لا يزيد عن ١ أو ٢ جرثومة. أنواع هذا الجنس تسود في التربة وإفرازات الأشجار اللزجة.

جنس *Saccharomycodes*

هذا الجنس يضم نوعين هامين وهما *Saccharomycodes ludwigii* و*Saccharomycodes sinensis*. وقد عزلت هذه الخمائر من إفرازات الأشجار اللزجة، وتتميز بأن لها نشاط تخمري شديد. تتكاثر هذه الخمائر خضرياً عن طريق التبرعم ثنائي القطبية، وبدرجة ضعيفة عن طريق تكوين الهيفات الكاذبة. الأكياس الأسكية قد تكون مستديرة أو بيضاوية، وكل كيس يحتوي من ١ إلى ٤ جراثيم أسكية.

جنس *Wickerhamia*

يضم هذا الجنس نوع واحد وهو خميرة *Wickerhamia fluorescens*. شكل الخلية بيضاوي مع وجود سفاة أو زائدة صغيرة تشبه الزائدة التي تنتهي بها ورقة النبات وهذا الشكل يطلق علية apiculate.

تتكاثر الخلايا خضريا عن طريق التبرعم ثنائي القطبية، وهذه صفة مهمة لأنه لا يوجد في الخمائر الأسكية سوى أربعة أجناس فقط تتكاثر بالتبرعم ثنائي القطبية وهي أجناس :

Wickerhamia، Saccharomycodes ،Nadsonia،Hanseniaspora.

يعتمد التمييز بين هذه الأربعة أجناس من الناحية المورفولوجية أساساً على شكل الجراثيم الأسكية. خمائر هذا الجنس لا تكون هيفات حقيقية، ولا هيفات كاذبة. تتكاثر أيضاً هذه الخمائر عن طريق تكوين الأكياس الأسكية ذات الأشكال الإهليلجية، ويصل عدد الجراثيم الأسكية في كل كيس إلى ١٦ جرثومة، ولكن لا يلاحظ سوى جرثومة واحدة أو اثنتان، وشكل الجراثيم الأسكية يشبه شكل قبعة لاعبي كرة البيسبول. كما أن هذه الخميرة لها نشاط تخمري.

ثالثاً: العائلة Saccharomycopsidaceae

تضم هذه العائلة ثلاثة أجناس تضم أنواع معظمها له أهمية بالنسبة لموضوع الكتاب وهي كما يلي:

جنس *Ambrosiozyma*

يضم هذا الجنس خمسة أنواع من الخميرة وهي:

Ambrosiozyma ambrosiae, Ambrosiozyma cicatricose, Ambrosiozyma monospora, Ambrosiozyma philentoma, Ambrosiozyma platypodis .

تتكاثر هذه الخمائر خضريا عن طريق التبرعم متعدد القطبية، وعن طريق تكوين هيفات حقيقية وهيفات كاذبة. الهيفات الحقيقية مقسمة بحواجز واضحة. تكون أيضاً أكياس أسكية ذات شكل كروي أو بيضاوي ، وعادة تتكون الأكياس الأسكية على الهيفات، وقد تبقى هذه الأكياس دون أن تتمزق جدرها وقد تتمزق الجدر وتتحرر الجراثيم الأسكية. شكل الجراثيم الأسكية يشبه القبعة وعددها في كل كيس أسكي يتراوح ما بين ١ إلى ٤ جراثيم.

أنواع هذا الجنس غالباً ما تعيش على الحشرات وقد تم عزلها جميعاً إما من على الحشرات، وإما من الأنفاق التي تكونها الحشرات في الأشجار الخشبية. أنواع هذا الجنس ذات نشاط تخمري ضعيف أو بطيء.

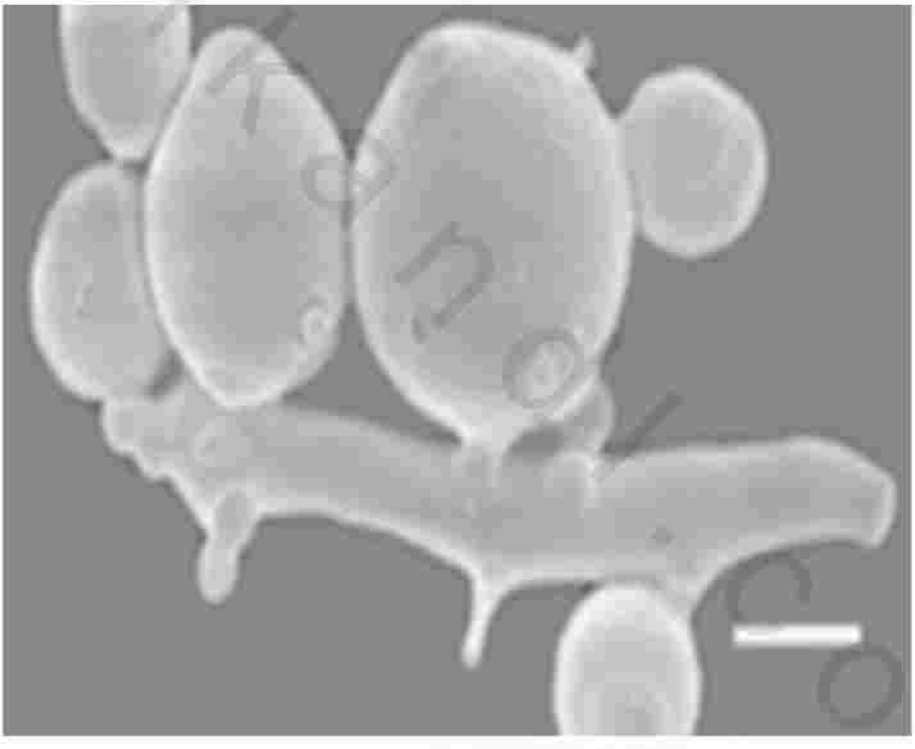
جنس *Arthroascus*

يضم هذا الجنس ثلاثة أنواع من الخميرة وهي:

Arthroascus schoenii, Arthroascus javanensis, Arthroascus fermentans.

تتكاثر هذه الخمائر خضرياً عن طريق التبرعم متعدد القطبية، وعن طريق تكوين الهيفات الحقيقية والهيفات الكاذبة (الشكل رقم ٣٠٨). الأكياس الأسكية عبارة عن خلايا الهيفات المنتفخة من نهاياتها، وتتمزق عند الوصول إلى مرحلة النضج. يتكون في كل كيس أسكي أربعة جراثيم أسكية، لها شكل كروي، وحافة مستديرة، أو قد تأخذ الجراثيم شكل القبعة. الموطن الطبيعي لهذه الخمائر هي التربة والمواد النباتية. يوجد نوعين من خمائر هذا الجنس ليس لهما نشاط تخمري.

ومن المعلومات الهامة بالنسبة للقارئ المهتم بتقسيم الخمائر أن أنواع الجنس *Arthroascus* قد تم نقلها حديثاً إلى جنس *Saccharomycopsis* ، طبقاً لتحليل الحامض النووي DNA. ويتم حتى الآن تمييز أنواع جنس *Arthroascus* عن طريق ملاحظة الأكياس الأسكية المنتفخة في نهاية الهيفات رغم أن بعض أعضاء جنس *Saccharomycopsis* تكون أكياس أسكية بنفس الطريقة.



الشكل رقم (٣٠٨). الخميرة *Arthroascus Schoenii*

المصدر: olweb.org/onlinecontributors/app%3Bjsessioni.

جنس *Saccharomycopsis*

هذا الجنس له أهمية بالنسبة لموضوع هذا الكتاب ويضم عشرة أنواع وهي:

Saccharomycopsis capsularis, Saccharomycopsis crataegensis, Saccharomycopsis fermentans, Saccharomycopsis fibuligera, Saccharomycopsis javanensis, Saccharomycopsis malanga, Saccharomycopsis microspora, Saccharomycopsis selenospora, Saccharomycopsis synnaedendra, Saccharomycopsis vini.

تتكاثر هذه الخمائر خضرياً عن طريق التبرعم متعدد القطبية ، أو تكوين الجراثيم التي تسمى Arthrospores ، أو الهيفات الكاذبة أو الهيفات الحقيقية. تكون خمائر هذا الجنس أكياس أسكية ذات شكل كروي أو إهليلجي، وقد تظل الجراثيم مرتبطة بالهيفات أو قد تتحرر منها. قد تبقى الأكياس الأسكية محتفظة بجدارها والجراثيم بالداخل، وقد تتمزق جدر الأكياس الأسكية وتتحرر الجراثيم. يوجد في داخل كل كيس أسكي عدد من الجراثيم يتراوح ما بين ١ و ٤ جراثيم، ولكن هذه الجراثيم الأسكية تختلف اختلافاً كبيرا في شكلها المورفولوجي حسب نوع الخميرة، حيث أن بعض هذه الجراثيم تأخذ شكل القبعة، وبعضها يأخذ الشكل الإهليلجي، وبعضها يأخذ الشكل الكروي، والبعض الآخر يأخذ الشكل الكلوي. أنواع هذا الجنس لها نشاط تخمري بطيئ أو ضعيف. عزلت سلالات هذا الجنس من الأشجار، حبوب اللقاح، الفاكهة، الحشرات، ومختلف الأغذية النشوية.

وقد وجد أن خميرة *Saccharomycopsis fibuligera* المنتمية لهذا الجنس تنتج إنزيم الأميليز. كما تلعب كثير من خمائر هذا الجنس دوراً في فساد كثير من المنتجات الغذائية.

(٢,٣) الخمائر البازيدية Basidimycota (basidiomycetes)

هذه المجموعة من الخمائر تتميز بأن جدارها الخلوي يختلف كثيراً في تركيبه عن الخمائر الأسكية السابق ذكرها. والخمائر البازيدية تتبع الفطريات البازيدية وتضم عدد كبير من الرتب التي سوف نلقي الضوء على أهمها بالنسبة لموضوعات هذا الكتاب.

(١,٢,٣) رتبة Cystofilobasidiales

العائلة Cystofilobaasidiaceae

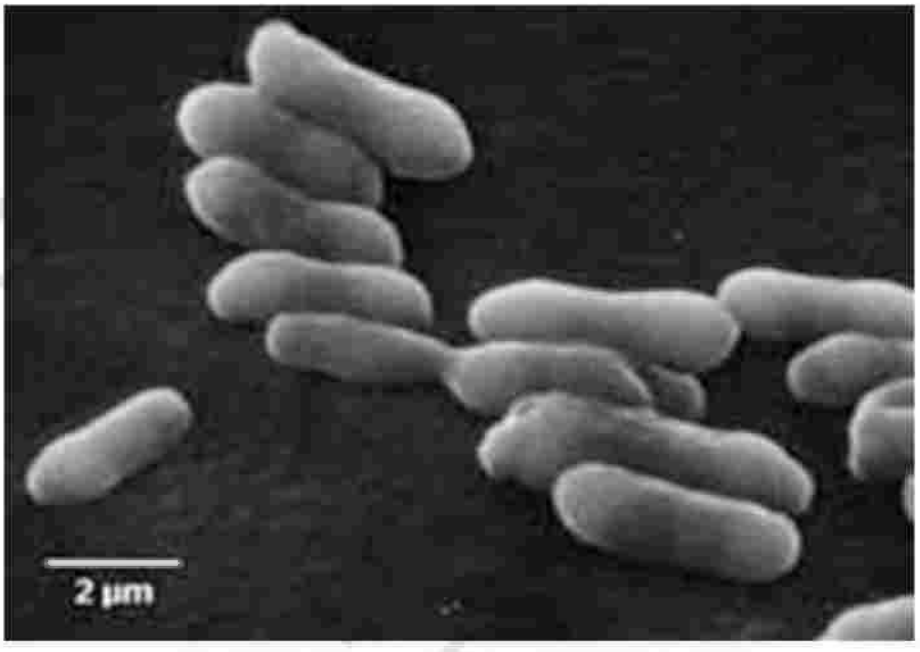
تضم هذه العائلة الأجناس الآتية :

جنس *Cystofilobasidium*

يضم هذا الجنس خمسة أنواع من الخميرة وهي:

Cystofilobasidium bisporidii, Cystofilobasidium capitatum, Cystofilobasidium ferigula, Cystofilobasidium infirmominiatum, Cystofilobasidium lari-marini.

قد تكون الخمائر Heterothallic ، أو Homothallic. قد تتكاثر الهيفات بالاتصال الخطافي Clamp connections. توجد الجراثيم التيليتية Teliospores، حيث تنبت عن طريق الـ Holobasidia. عادة تتكاثر أنواع هذا الجنس خضريا عن طريق التبرعم (الشكل رقم ٣٠٩) ، وقد تتكون الجراثيم الداخلية. لا توجد في خمائر هذا الجنس Ballistoconodia. يحتوي الجدار الخلوي لهذه الخمائر على سكر الزيلوز، وقد عزلت هذه الخمائر من ماء البحر، والتربة، والأشجار،والأغذية، ومن بعض الطيور.



الشكل رقم (٣٠٩). الخميرة *Cystofilobasidium capitatum*.

المصدر: www.bioindustry.nodai.ac.jp/.../kenkyu.htm

جنس *Markia*

يضم هذا الجنس خمسة أنواع من الخميرة وهي :

Markia frigida, Markia gelidum, Markia nivalis, Markia psychrophilia, Markia stokesii.

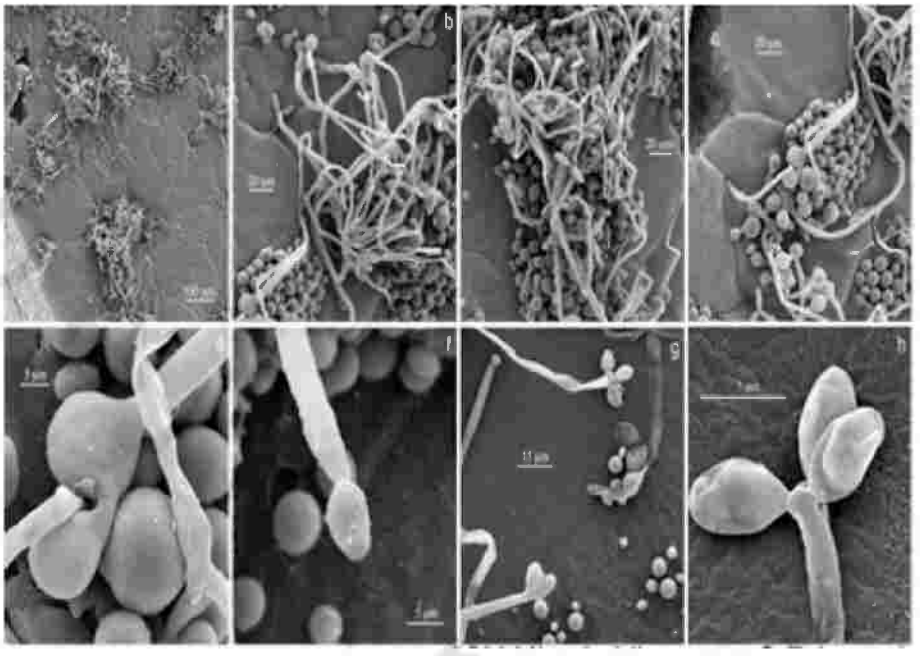
يتميز هذا الجنس بالتجرثم الذاتي Self-sporulating ولا يكون إتصال خطافي. توجد الجراثيم التيليتية Teliospores في هذا الجنس، وتنبت معطية ١ إلى ٣ خلايا metabasidia. يتم التكاثر الخضري عن طريق التبرعم القطبي. لا تتكون

Ballistoconidia. أنواع هذه الخمائر تحتوي على زيلوز في جدرها الخلوية ، ولها نشاط تخمري. عزلت هذه الخمائر من التربة، كما عزلت من بعض المناطق الثلجية.

جنس *Xanthophyllomyces*

يضم هذا الجنس نوع واحد معروف وهي خميرة Xanthophyllomyces dendrorhous. لا توجد في هذه الخمائر هيفا homothallic، و لا توجد فروع haustorioid، ولكن الجراثيم الكلاميدية قد توجد. يحدث اقتران بين الخلية الأم وبين البرعم مما ينتج عنه holobasidia اسطوانية تتكون عليها الجراثيم البازيدية (الشكل رقم ٣،١٠). جدار الخلية يحتوي على سكر الزيلوز، وسكر الرهامنوز Rhamnose، وقد عزلت خمائر هذا الجنس من إفرازات بعض الأشجار.

ولعل أهم ما يميز هذه الخميرة أنها تنتج صبغة لونها أحمر، حتى أنها تسمى الخميرة الحمراء. وقد تمت دراسات مكثفة على هذه الخميرة ونجحت الدراسات في إدخال تعديل وراثي على خميرة *Xanthophyllomyces dendrorhous*، بحيث تنتج كميات كبيرة من صبغة أستاكسانثين Astaxanthin، وهي صبغة طبيعية تستخدم للتحكم في ألوان أسماك الزينة والقشريات، وطيور الزينة، كما تستخدم أيضاً بشكل واسع في الأغراض الدوائية. وهناك محاولات الآن لإنتاج هذه الصبغة تجارياً باستخدام خميرة *Xanthophyllomyces dendrorhous*، بدلاً من تصنيعها كيماوياً (انظر الفصل السابع).



الشكل رقم (٣،١٠). الخميرة *Xanthophyllomyces dendrorhous*.

المصدر: www.microbelibrary.org/Fungi/details.asp?id=1

(٢,٢,٣) رتبة Sporidiales

العائلة Sporidiobolaceae

جنس *Cryptococcus*

خلايا هذا الجنس كروية ، وليس لها حجم منتظم، حيث يتراوح قطر الخلية بين ٥ و٢٠ ميكرومتراً. تقليدياً، تحاط خلايا بعض أنواع هذا الجنس مثل خميرة *Cryptococcus neoformans* (انظر الفصل الثاني ، شكل ٢،٨) بكبسولة سميكة من المواد عديدة التسكر والتي تعطيها شكلاً مميزاً يمكن ملاحظته بسهولة تحت

الميكروسكوب كما سبق توضيحه. إلا أن بعض الأنواع الأخرى التي قد تكون كبسولات رقيقة، أصبحت أيضاً معروفة. تتكاثر خمائر هذا الجنس خضريا عن طريق التبرعم أحادي القطبية، وتتميز بأن واحد من البراعم أو أكثر قد يظل ملتصق بالخلية الأم. نادراً ما تتكاثر عن طريق الهيفات الكاذبة أو الحقيقية. لا تكون Ballistoconidia. تحتوي جدر خلايا هذه الخمائر على سكر الزيلوز، وقد عزلت من مصادر مختلفة مثل التربة، الفاكهة ، الماء ، الإنسان ، الحيوانات ، الخمور ، أوراق النباتات ، وأيضاً بعض فطريات العفن. كما عزلت خمائر هذا الجنس أيضاً من عصير الخوخ. ويعيش هذا الجنس أيضاً بشكل طبيعي في التربة المضاف لها زبل الحمام، كما يوجد على بعض الأشجار حيث يكون تجاويف مميزة، ويسود هذا الجنس أيضاً في بقايا الخشب المتحلل، كما عزلت بعض أنواعه (*Cryptococcus neoformans* var. gattii) أيضاً من الماعز المصاب بأمراض رئوية.

يحتوي هذا الجنس على حوالي ٣٧ نوعاً ، منها نوع واحد فقط ممرض وهو النوع *Cryptococcus neoformans*. مستعمرات هذا الجنس تنمو خلال ٤٨-٧٢ ساعة وتتراوح درجات الحرارة المناسبة للنمو بين ٢٥-٣٧°م. المستعمرات طرية، ناعمة، تأخذ اللون الكريمي أو اللون القرمزي أو الأصفر المائل إلى البني. تستطيع أعضاء الجنس *Cryptococcus* من الناحية الكيموحيوية أن تخمر السكريات، وتتميز بأن لها القدرة على تمثيل الإينوسيتول inositol وإنتاج إنزيم اليوريز.

وقد لوحظ التزاوج الذي يتبعه تكوين هيفات، ومكونات تشبه الجراثيم الكلاميدية في خميرة *Cryptococcus laurentii*، كما ثبت أن خمائر *C. flavus* و *C.*

tsukubaensis لهما نشاط عالي في إنتاج إنزيم الأميليز. كذلك وجد أن كميات كبيرة من الليبيدات تتراكم في خمائر *C. laurentii*، و *C. curvatus*، وذلك عند استخدام الشرش كمادة أولية للنمو، وقد استخدمت طفرات من هذه الأنواع في إنتاج مواد تشابه زبدة الكاكاو.

وقد استخدم خليط من خلايا خميرة C. elinovii و بكتيريا *Pseudomonas putida* في صورة مثبتة (لمعرفة عملية التثبيت، انظر الفصل الثاني) لهدم المواد الفينولية، كما أن أنواع متعددة من خمائر هذا الجنس يمكنها أن تستفيد بأنواع كثيرة من المركبات الأروماتية. كذلك تستخدم بعض أنواع هذا الجنس مثل *C. flavus* ، *C. laurentii* ، و*C. luteolus* في إنتاج صبغة بيتا-كاروتين كمنتج رئيسي بالإضافة إلى بعض الصبغات الأخرى كنواتج ثانوية.

جنس *Trichosporon*

عزل هذا الجنس من التربة، ومن الماء، والخضروات، ومن على أجسام الطيور والفقريات، كما يعيش في الفم، وعلى الجلد، وفي الأظافر ويسبب التهابات عميقة deep infections في جسم الإنسان. هذا الجنس قد لا يكون له نشاط تخمري أو قد يكون هذا النشاط ضعيفاً. يعد النوع *beigelii* من أهم أنواع هذا الجنس التي تسبب أمراض.

المستعمرات سريعة النمو، وناعمة، ومجعدة، وبارزة، وملساء، وهشة، وشمعية، وبيضاء أو صفراء اللون. تظهر مع مرور الوقت التجاعيد على المستعمرات

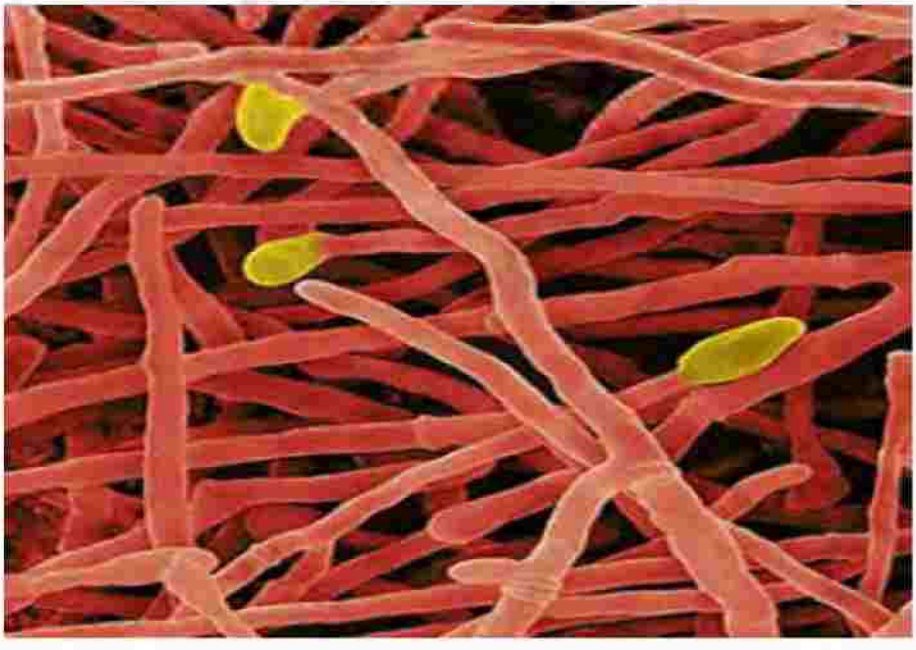
بصورة واضحة. ويعتبر ظهور بناء تراكمي في مركز المستعمرة من الصفات التقليدية لهذا الجنس. كما يعتبر إنتاج إنزيم اليوريز خاصية هامة أيضاً لأنواع هذا الجنس. يكون هذا الجنس هيفات حقيقية وكاذبة عند نموه على بيئة آجار الشوفان توين ٨٠ عند درجة حرارة ٢٥°م وبعد التحضين لمدة ٧٢ ساعة. ومن أكثر الصفات التقليدية المرتبطة بهذا الجنس تكوين الـ arthroconidia. هذه الـ arthroconidia وحيدة الخلية وعادة تأخذ شكل المكعب أو شكل البرميل أو المستطيل. ويضم هذا الجنس حوالي ١٩ نوعاً، كثيراً منها يسبب فساد الأغذية المختلفة كما ورد في الفصل السادس من هذا الكتاب.

تتكاثر خمائر هذا الجنس خضرياً عن طريق التبرعم والـ arthroconidia. لا توجد ballistoconidia ولكن توجد هيفات. تحتوي جدر الخلايا على سكر الزيلوز. عدد كبير من أنواع هذا الجنس له أهمية طبية. تحلل خميرة *Trichosporon pullulans* النشا والبوليولان وذلك لأنها تنتج إنزيم الفا-أميليز وإنزيمات الجلوكو أميليز. كما أن خميرة *Trichosporon cutaneum* (الشكل رقم ٣،١١) يمكنها أن تحلل سكر اللاكتوز وتحلل أيضاً المواد الفينولية. وجد كذلك أن الخمائر *Trichosporon cutaneum* ، *Trichosporon moniliiforme*، *Trichosporon dulcitum*، يمكنها أن تمثل عدد كبير من المركبات العطرية.

جنس *Rhodotorula*

يضم هذا الجنس حوالي ٣٣ نوعاً من الخميرة. ويتم تكاثرها خضرياً عن طريق التبرعم أحادي القطبية. قد توجد الهيفات والهيفات الكاذبة ولكن لا توجد الـ

ballistoconidia. لا تحتوي جدر خلايا هذه الخمائر على سكر الزيلوز، وقد عزلت من مصادر عديدة ومختلفة، حيث توجد في الهواء، التربة، مياه البحيرات والمحيطات، وفي منتجات الألبان. وقد توجد أيضاً على جسم الإنسان وبعض الفقريات الأخرى. وتعتبر خمائر هذا الجنس من أكثر ملوثات الأغذية شيوعاً. تنتج أنواع كثيرة من هذا الجنس صبغات بيتا-كاروتين و جاما-كاروتين. كما أن الكثير من أنواع هذا الجنس تحلل المركبات الفينولية والمركبات الأروماتية، كما أن الخميرة R. rubra تنتج إنزيمات الليبيز.



الشكل رقم (٣،١١) الخميرة *Trichosporon cutaneum*.

المصدر: www.kaiscience.com/ph_66-Yeast_fungus_Trichos.

مستعمرات هذا الجنس تنمو سريعة، وناعمة، وقد تكون متلألئة ، أحياناً قد تكون المستعمرات خشنة، طرية، ومخاطية. تظهر المستعمرات بلون كريمي إلى قرمزي، ومرجاني أحمر، وبرتقالي أو أصفر. لا تخمر أنواع الجنس Rhodotorula المواد الكربوهيدراتية وتنتج إنزيم اليوريز. الخلايا منفردة ولها شكل مستطيل (الشكل رقم ٣،١٢)، ولا تكون هيفات أو هيفات كاذبة. وأهم الأنواعالتابعة لهذا الجنس هي:

Rhodotorula glutinis, Rhodotorula anomala, Rhodotorula mucilaginosa, Rhodotorula ingeniosa, Rhodotorula rubra.

الشكل رقم (٣،١٢) الخميرة *Rhodotorula glutinis*.

المصدر: pro.corbis.com/search/Enlargement.aspx?CID=is.

جنس *Sporobolomyces*

عزل جنس *Sporobolomyces* من الهواء ، وأوراق الأشجار وقشور الثمار. كما يعيش هذا الجنس بشكل طبيعي على أجسام الطيور والنباتات. بعض أنواع هذا

الجنس قد تسبب أمراض خصوصاً عند الأشخاص الذين يعانون من مرض نقص المناعة. يحتوي هذا الجنس على حوالي ٢٠ نوعاً. وتعتبر الخميرة *Sporobolomyces salmonicolor*، أكثر الأنواع شيوعاً في إحداث المرض.

مستعمرات هذا الجنس تنمو سريعة وتصل إلى حالة النضج بعد خمسة أيام من التحضين . درجة الحرارة المثلى لنمو أعضاء هذا الجنس تتراوح من بين ٢٥ إلى ٣٠°م. قد تعجز بعض السلالات عن النمو عند درجة حرارة ٣٥-٣٧°م. المستعمرات مستديرة وناعمة الحافة، قد تكون المستعمرات مجعدة. ويعتبر اللون الأحمر الفاتح أو البرتقالي من الخصائص التقليدية المميزة لمستعمرات هذا الجنس.

الخلايا لها أشكال مميزة جداً (الشكل رقم ٣،١٣)، بيضوية إلى أسطوانية. لا يوجد سكر الزيلوز في جدر خلايا هذه الخمائر. تتكاثر خضريا عن طريق التبرعم أحادي القطبية، تكون هيفات حقيقية وهيفات كاذبة ، كما تكون ballistoconidia، والـ ballistoconidia المتكونة وحيدة الخلية وتأخذ شكل الكلية، وتتحرر من خلال نتوءات توجد على الخلايا الخضرية البيضاوية أو الاسطوانية. و تنتج الـ ballistoconidia، مستعمرات satellite colonies بمجرد تحررها.

ولرؤية الـ ballistoconidia، يلصق طبقين أحدهما ملقح والآخر غير ملقح وجهاً لوجه، بحيث يكون الطبق الملقح من أعلى، ثم يحضن الطبقان على درجة حرارة ٢٥°م لمدة خمسة أيام، فتتكون مستعمرات على الطبق غير الملقح، بعد التحضين، وتعطي نسخة من المستعمرات التي توجد في الطبق الملقح.

وتعتبر الخميرة *Sporobolomyces roseus* من أهم الخمائر التي تسبب فساد الأغذية والتي شملها هذا الكتاب.

الشكل رقم (٣٠١٣). الخميرة *Sporobolomyces roseus*.

المصدر: fungalgenomes.org/.../01/all-hail-the-rusts/

جنس *Itersonilia*

يضم هذا الجنس نوع واحد (perplexans). تتكاثر هذه الخميرة في المرحلة الخضرية عن طريق تكوين براعم أحادية القطبية، ونادرا عن طريق الـ ballistoconidia. تكون هيفات Dikaryotic ، كما تقوم بعملية الاتصال الخطافي، وتكون جراثيم الكلاميدية وخلايا تشبه الجراثيم التيليتية. تحتوي جدر خلايا هذا الجنس على

سكر الزيلوز ، وقد عزلت من أسطح أوراق النباتات، كما أن هناك تقارير تشير إلى أن هذه الخميرة ممرضة للنبات.

جنس *Phaffia*

يضم هذا الجنس نوع واحد هو *rhodozyma* وتتكاثر الخميرة خضرياً عن طريق التبرعم أحادي القطبية، لا تكون ballistoconidia ولا هيفات ولكن قد تكون جراثيم كلاميدية كروية الشكل. تحتوي جدر خلايا هذه الخميرة على سكر الزيلوز وتخمر سكر الجلوكوز. كان يعتقد أن هذه الخميرة تتبع جنس *Cryptococcus*، وخصوصاً الأنواع التي تنتج الصبغة الحمراء ولكن تحليل الحامض النووي أثبت أن هذه الخميرة لها صفات مختلفة عن جنس *Cryptococcus* .

أكدت الكثير من الأبحاث الحديثة أكدت أن خميرة *Phaffia rhodozyma* هي نفس الخميرة *Xanthophyllomyces dendrorhous* التي سبق الإشارة إليها. ومع تأكدنا من ذلك، فلا بأس من إضافة بعض المعلومات عن هذه الخميرة تحت اسم *Phaffia rhodozyma* الذي ما زال يذكر في كثير من المراجع.

تنتج هذه الخميرة صبغة Astaxanthine الكاروتينية، حيث تحتوي خلايا الخميرة على هذه المادة بنسبة أكثر من ٠,٠١٪ من وزنها الجاف،.وتنتج هذه الخميرة خصيصاً كمصدر لهذه الصبغة بغرض إضافتها إلى علائق مزارع السمك وهي التي تعطي اللون الأحمر لبعض أنواع السمك مثل سمك السالمون. يخفض رقم الـ pH بعد عملية التخمر التي تتم بغرض إنتاج هذه الخميرة مما يؤدي إلى انتهاء التخمر ويساعد

في تكسير جدار الخلية فتصبح الصبغة متاحة للأسماك. ولتخليق هذه الصبغة كيماوياً فإن الكيلو جرام الواحد يتكلف أكثر من ٢٤٠٠ دولار أمريكي مما يؤكد أن عملية إنتاجها باستخدام الخميرة له قيمة اقتصادية كبيرة. لا يتحمل النوع المنتج للصبغة (*Phaffia rhodozyma*) درجة حرارة أعلى من ٢٦ °م ويعتبر ذلك من المشاكل التي تواجه إنتاج هذه الصبغة عن طريق الخميرة ولذلك فقد يكون من المفيد تطوير سلالات من هذا النوع تستطيع النمو عند درجات حرارة أعلى وذلك عن طريق الهندسة الوراثية (انظر الفصل السابع).

(٣,٢,٣) رتبة Tremellales

العائلة Filobasidiaceae

جنس *Malassezia*

يضم هذا الجنس حوالي خمسة أنواع من الخميرة. تتكاثر خضريا عن طريق التبرعم أحادي القطبية، ولا يوجد سكر الزيلوز في جدر خلاياها. توجد خمائر جنس *Malassezia* على أسطح أجسام الإنسان والحيوان ، حيث أن لها أهمية طبية. وتسود هذه الخمائر على سطح الجلد في ٩٠٪ من البالغين ، حيث قد تسبب بعض الأمراض. تعتبر *Malassezia furfur* ، و *M. pachydermatis* و *M. symopodialis* من أشهر خمائر هذا الجنس.

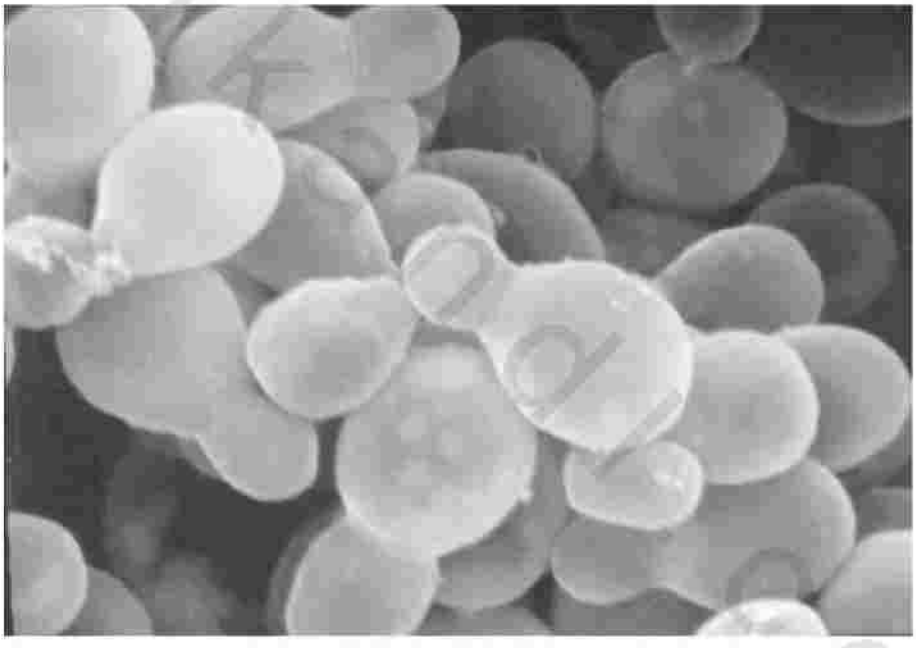
تنمو مستعمرات هذا الجنس بدرجة سريعة وتصل إلى مرحلة النضج خلال خمسة أيام بعد التحضين على درجة حرارة ٣٠-٣٧°م . يكون نموها

ضعيف عند درجة حرارة ٢٥°م . تكون المستعمرات بارزة على سطح أطباق بتري وطرية وناعمة، ولكنها تتحول إلى مستعمرات جافة مجعدة بمرور الوقت (الشكل رقم ٣،١٤). تعتمد بعض أنواع هذا الجنس على وجود الليبيدات في البيئة حتى تنمو، حيث تحتاج هذه الأنواع إلى أحماض دهنية طويلة السلسلة، ولذلك تضاف طبقة رقيقة من زيت الزيتون لبيئة النمو الخاصة بهذه الأنواع. تتميز خلايا هذا الجنس بالشكل الكروي، أو تأخذ شكل المجسم المستدير من أحد طرفية، أما الطرف فغير محدد الشكل، وفي الغالب يحدث التبرعم من ناحيته. لا تتكون جراثيم جنسية في خمائر هذا الجنس. ويوضح الفحص المباشر بالمجهر لأنواع هذا الجنس في عينات من الجلد وجود الهيفات المتجزئة، والتي تشبه المكرونة الأزباجتي. ولم يثبت حتى الآن وجود دور لأي من أنواع هذا الجنس في مجال فساد الأغذية أو بقية المجالات التي يشملها هذا الكتاب.

(٤،٢،٣) خمائر غير كاملة التقسيم Incomplete classification yeasts

توجد خمائر بازيدية كثيرة ترتبط بموضوعات هذا الكتاب ولكنها غير كاملة التقسيم. وقد وضعت هذه الخمائر في صف Urediniomycetes، بواسطة العلماء Swann، و Taylor (1995a, 1995b)، حيث وجدوا أن الصفة المشتركة بينها جميعاً هو تشابه تركيب الجدار الخلوي، الذي يحتوي على المانوز كمكون رئيس للكربوهيدرات، ويوجد الجلوكوز، و الرهامنوز Rhamnose بكميات قليلة، ولا تحتوي جدرها على سكر الزيلوز الذي يوجد في جدر خلايا بقية الخمائر البازيدية. استطاع Swann

ومساعدوه سنة ١٩٩٩م أن يحددوا مجموعة من الأجناس في داخل هذا الصف وهي *Microbotryum*، *Leucosporidium* ، *Rhodosporidium* ، *Colacogloea* ، *Kriegeria* ، و *Heterogastridium* التي وجد بينها تشابه بالاعتماد على تحليل تتابع جينات الحامض النووي rRNA ووضعت في تحت الصف Microbotryomycetidae. وحديثاً اقترح العلماء وضع أجناس *Rhodosporidium*، و *Sporidiobolus* في رتبة Sporidiobolales .



الشكل رقم (٣،١٤). الخميرة *Malassezia furfur*.

المصدر: mawarmawar.wordpress.com/..

إن تقسيم الخمائر البازيدية التي تتبع صف Urediniomycetes، ما زال بعيد جداً عن الاستقرار، بسبب النقص الشديد في المعلومات المتاحة عن كثير من الأنواع. وقد

استطاع العلماء تجميع كثير من أنواع هذه الخمائر وأصبحت مستقرة في أجناس معروفة، ولكن المشكلة ما زالت قائمة في هذه الأجناس بالنسبة لوضعها في عائلات، ورتب.

ومن الخمائر البازيدية غير مكتملة التقسيم نلقي الضوء على جنس *Erthrobasidium* كمثال لتلك المجموعة الهامة ، التي عرف عنها كل الخصائص اللازمة لوضعها في أجناس، ولكن ما زال العلماء ينقلونها من رتبة إلى رتبة أخرى ، ولذلك ليس بمستغرب أن يجدها القارئ في أحد التقارير تتبع رتبة معينة ، ثم يجدها في تقرير آخر تتبع رتبة مختلفة.

جنس *Erythrobasidium*

يضم هذا الجنس نوع واحد من الخمائر وهي خميرة hasegawianum وتتكاثر عادة عن طريق التبرعم أحادي القطبية. وقد تتكاثر بعض أنواع هذا الجنس عن طريق الاتصال الخطافي بين خلايا الهيفات المحتوية كل منها على نواتين. لا تتكون الجراثيم التيليتية teliospores في أنواع هذا الجنس. بعض الأنواع تكون باليستوكونيديا، والبعض الآخر لا يكونها. لا يوجد سكر الزيلوز في جدر خلايا هذه الخميرة، وقد عزلت من مصانع البيرة، كما عزلت حديثاً من مصادر نباتية.

(٣,٣) المراجع

Database for Molecular Phylogeny of Yeast (DMPY). http://www.yeast-taxonomy.jp/
Fredenucci, I.; Chomarat, M.; Boucaud, C. and Flandrois. J. (1998) Saccharomyces boulardii fungemia in a patient receiving ultra- levure therapy. Clin Infect Dis. 27:222-223.

Gueho, E.; Smith, M.; de Hoog, G.; Billon-Grand, G.; Christen, R. and Batenburg-van der Vegte ,W. (1992) Contributions to a revision of the genus Trichosporon. Antonie Van Leeuwenhoek. 61:289-316.

http://bugs.bio.usyd.edu.au/Mycology/Taxonomy/ascomycota.shtml

http://www.uniprot.org/taxonomy/115784

http://www.uniprot.org/uniprot/Q12482

Isenberg, H. (2002) Yeasts: Characteristics and Identification, 3rd ed Resource Type: Review: Book. New Hyde Park, New York 11040

Kurtzman, C. P., J. W. Fell, eds. 1998. The yeasts, a taxonomic study, 4th ed. Amsterdam: Elsevier. 1055 p.

McCullough, M.; Clemons, K.; McCusker, J. and Stevens, D. (1998) Species identification and virulence attributes of Saccharomyces boulardii (nom. inval.). J Clin Microbiol. 36:2613-2617.

Posteraro, B.; Sanguinetti, M.; D'Amore, G.; Masucci, L.; Morace, G. and Fadda, G. (1999) Molecular and epidemiological characterization of vaginal Saccharomyces cerevisiae isolates. J Clin Microbiol. 37:2230-2235.

Suh, S.; Blackwell, M; Kurtzman, C. and Lachance, M. (2006) Phylogenetics of Saccharomycetales, the ascomycete yeasts. Mycologia 98:1008-1019.

Swann, E. and Taylor, J. (1995a) Phylogenetic perspectives on basidiomycete systematics: evidence from the 18S rRNA gene. Canadian Journal of Botany 73: 649-1433.

Swann, E. and Taylor, J. (1995b) Phylogenetic diversity of yeast-producing basidiomycetes. Mycological Research 99: 1205-1210.

Swann, E.; Frieders, E. and McLaughlin, D. (1999) Microbotryum, Kriegeria and the changing paradigm in basidiomycete classification. Mycologia 91: 51-66.

Urbini, B.; Castellini, C.; Rondelli, R.; Prete, A.; Pierinelli, S. and Pession, A. (2000) Cryptococcal meningitis during front-line chemotherapy for acute lymphoblastic leukemia. Haematologica. 85:1103-1104.

Zaas, A.; Boyce, M.; Schell, W.; Lodge, A.; Miller, J. and Perfect, J. (2003) Risk of fungemia due to Rhodotorula and antifungal susceptibility testing of Rhodotorula isolates. J Clin Microbiol. 41:5233-5235