Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

تقييم تلوث الارز ببكتيريا *Bacillus cereus* وتأثيره على السلامة الغذائية

زكية سالم محمد قجام رمضانة ابراهيم محمد النقاز كريمة مراجع محمد مراجع

جامعة الزاوية / كلية العلوم العجيلات

Evaluation of Rice Contamination with Bacillus cereus and its Impact on Food Safety

Zakia Salem Mohammed Qajjam

z.qajjam@zu.edu.ly

Ramdana Ibrahim Mohammed Al-Naqqaz

r.aknaqqaz@zu.edu.ly

Karima Mraja Mohammed Mrajam

k.mraja@zu.edu.ly

University of Zawiya / Faculty of Science, Ajilat

تاريخ الاستلام:2026/01/09 –تاريخ المراجعة: 2026/02/04– تاريخ القبول: 2026/02/16– تاريخ للنشر:2026 /03/15

الملخص

يعد الأرز من أكثر الأغذية استهلاكا حول العالم، ويحضر غالبا بكميات كبيرة ويخزن لاستهلاك لاحق، ما يجعله عرضة للتلوث البكتيري، خاصة من قبل بكتيريا *Bacillus cereus*، وهي بكتيريا قادرة على إنتاج سموم تؤدي إلى حالات تسمم غذائي حاد. تنمو هذه البكتيريا في الأطعمة الغنية بالنشويات مثل الأرز، وتستطيع تشكيل أبواغ مقاومة للحرارة تجعلها قادرة على النجاة من الطهي التقليدي، ثم التكاثر في ظروف التخزين غير المناسبة، لا سيما عند درجات حرارة الغرفة.

هدفت هذه الدراسة إلى الكشف عن وجود *Bacillus cereus* في الأرز المطبوخ المخزن تحت درجات حرارة مختلفة (درجة حرارة الغرفة، التبريد، والتجميد)، وتحليل أثر التخزين وإعادة التسخين على بقائها ونشاطها، وذلك لتقييم خطورة هذه الممارسات على السلامة الغذائية.

تم إجراء تجارب مخبرية على عينات أرز مطبوخ تم تخزينها ضمن فترات زمنية محددة، حيث تم تقييم النمو البكتيري باستخدام الزرع على أوساط انتقائية، وتحليل التغيرات في الرقم الهيدروجيني (pH) والرائحة، مع فحص تأثير إعادة التسخين على تقليل أعداد البكتيريا.

أظهرت النتائج أن تخزين الأرز عند درجة حرارة الغرفة لفترات طويلة يساهم بشكل كبير في زيادة أعداد *Bacillus cereus*، مما يشكل خطرا محتملا على صحة المستهلك. بينما ساهم التبريد والتجميد في تقليل النمو البكتيري ولكن دون القضاء الكامل عليه. وقد تبين أن التسخين غير الكافي لا يزيل الخطر البكتيري تماما، خاصة عند إعادة تسخين الأرز أكثر من مرة. أشارت الملاحظات الحسية إلى ارتباط طفيف بين التغير في الرائحة ووجود التلوث البكتيري، إلا أن بعض العينات الملوثة لم تظهر علامات حسية واضحة.

تؤكد هذه الدراسة على أهمية التحكم في درجات حرارة التخزين وإجراءات إعادة التسخين للأطعمة النشوية، خصوصا في البيئات المنزلية والمطاعم، لتقليل خطر الإصابة بالتسمم الغذائي الناتج عن *Bacillus cereus*. كما توصي الدراسة بضرورة التوعية المجتمعية والتزام الجهات الصحية بوضع إرشادات صارمة تتعلق بتخزين وتسخين الأطعمة المطبوخة.

Abstract:
Rice is one of the most widely consumed foods around the world. It is often prepared in large quantities and stored for later consumption, which makes it susceptible to bacterial contamination, particularly by *Bacillus cereus*. This bacterium is capable of producing toxins that lead to severe food poisoning. It thrives in starchy foods like rice and can form heat-resistant spores that survive conventional cooking. These spores can then germinate and multiply under improper storage conditions, especially at room temperature.
This study aimed to detect the presence of *Bacillus cereus* in cooked rice stored at different temperatures (room temperature, refrigeration, and freezing), and to analyze the impact of storage and reheating on its survival and activity, in order to assess the potential food safety risks associated with these practices.
Laboratory experiments were conducted on cooked rice samples stored for specific time periods. Bacterial growth was evaluated using selective media, and changes in pH and odor were analyzed. The effect of reheating on reducing bacterial counts was also examined.
The results showed that storing rice at room temperature for extended periods significantly increased the numbers of *Bacillus cereus*, posing a potential health risk to consumers. Refrigeration and freezing helped reduce bacterial growth but did not eliminate it entirely. It was found that inadequate reheating does not completely eliminate the bacterial threat, especially when rice is reheated multiple times. Sensory observations indicated a slight correlation between odor changes and bacterial contamination; however, some contaminated samples showed no clear sensory signs.
This study highlights the importance of controlling storage temperatures and reheating practices for starchy foods, particularly in home and restaurant settings, to reduce the risk of foodborne illness caused by *Bacillus cereus*. It also recommends public awareness campaigns and urges health authorities to establish strict guidelines regarding the storage and reheating of cooked foods.

المقدمة

يعتبر الأرز (Oryza sativa) من أكثر المحاصيل الغذائية استهلاكا على مستوى العالم، حيث يشكل مصدرا رئيسيا للسعرات الحرارية لما يقرب من نصف سكان الأرض. يستهلك الأرز في أشكال متعددة، سواء في المنازل أو المطاعم أو خدمات الطعام السريعة، مما يجعله عنصرا أساسيا في النظم الغذائية للعديد من الثقافات. ومع ذلك، فإن طرق التعامل مع الأرز بعد الطهي، مثل التبريد والتخزين، قد تؤثر بشكل كبير على سلامته الميكروبيولوجية، مما يجعله عرضة للتلوث بالبكتيريا الممرضة مثل *Bacillus cereus*. (Woh and Ng., 2024)

خصائص *Bacillus cereus* كممرض غذائي

Bacillus cereus هي بكتيريا عصوية موجبة لصبغة غرام، قادرة على تشكيل أبواغ مقاومة للحرارة، وتوجد بشكل شائع في التربة والبيئة المحيطة. تتميز هذه البكتيريا بقدرتها على البقاء في ظروف بيئية قاسية، مما يسمح لها بالتواجد في مجموعة متنوعة من الأطعمة، خاصة تلك التي تحتوي على النشويات مثل الأرز. تنتج *B. cereus* نوعين رئيسيين من السموم: السموم المعوية (Enterotoxins) التي تسبب الإسهال، والسم المقيء (Cereulide) الذي يسبب الغثيان والقيء. يعتبر السم المقيء مقاوما للحرارة، مما يعني أنه لا يتم تدميره أثناء عمليات إعادة التسخين التقليدية (Dietrich et al., 2021).

الأرز كوسط مثالي لنمو *Bacillus cereus* يعد الأرز المطبوخ بيئة مناسبة لنمو *B. cereus*، خاصة عند تركه في درجة حرارة الغرفة لفترات طويلة. أثناء الطهي، قد لا يتم القضاء على جميع أبواغ البكتيريا، مما يسمح لها بالإنبات والنمو عند توفر الظروف المناسبة. تشير الدراسات إلى أن ترك الأرز المطبوخ في درجة حرارة الغرفة (حوالي 25°C)

لأكثر من ساعتين يمكن أن يؤدي إلى نمو البكتيريا وإنتاج السموم . كما أن إعادة تسخين الأرز لا تضمن القضاء على السموم المنتجة، مما يزيد من خطر التسمم الغذائي (. Osimani et al., 2018)

تأثير درجة الحرارة ومدة التخزين على نمو Bacillus cereus

توصي الهيئات الصحية مثل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) بتبريد الأطعمة المطبوخة بسرعة وتخزينها في درجات حرارة تقل عن 4 °C للحد من نمو البكتيريا. تعرف المنطقة الحرارية بين 4°C و60 °C بـ "منطقة الخطر"، حيث تنمو البكتيريا بسرعة. تشير الدراسات إلى أن *B. cereus* يمكن أن تنمو بسرعة في هذه المنطقة، حيث أظهرت إحدى الدراسات أن البكتيريا يمكن أن تتكاثر من 100 CFU/g إلى أكثر من 10^5 CFU/g خلال 8 ساعات فقط في درجة حرارة الغرفة (Keith et al., 2015) .

مقاومة السموم وإعادة التسخين

يعتبر السم المقيء الذي تنتجه *B. cereus* مقاوما للحرارة، مما يعني أنه لا يتم تدميره أثناء عمليات إعادة التسخين التقليدية. هذا يعني أن الأرز الملوث قد يبقى خطرا حتى بعد التسخين، مما يزيد من أهمية التعامل السليم مع الأرز بعد الطهي. تشير الدراسات إلى أن السم المقيء يمكن أن يسبب أعراضا مثل الغثيان والقيء خلال فترة قصيرة من تناول الطعام الملوث (Navaneethan and Effarizah ., 2023).

الفجوة البحثية والحاجة إلى دراسات محلية

رغم وجود العديد من الدراسات الدولية حول *B. cereus* في الأرز ومنتجات الحبوب، إلا أن هناك نقصا في البيانات المحلية، خاصة في الدول النامية التي قد تختلف فيها ممارسات الطهي والتخزين. تختلف طرق تحضير الأرز بين المنازل والمطاعم، وتستخدم أنواع مختلفة ، مما قد يؤثر على قابليته للتلوث . لذلك، هناك حاجة إلى دراسات محلية لتقييم مدى انتشار *B. cereus* في الأرز المطبوخ وتحديد العوامل المؤثرة في نموه .

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. تقييم مدى نمو *Bacillus cereus* في الأرز المطبوخ عند تخزينه في درجات حرارة مختلفة (درجة حرارة الغرفة، الثلاجة، الفريزر) ولمدد زمنية متعددة.
2. دراسة تأثير نوع الأرز، ووجود الغطاء، وإعادة التسخين، والحموضة (pH)، والإضافات مثل الملح أو الليمون على النمو البكتيري.
3. تقديم توصيات فعالة للحد من خطر التسمم الغذائي المرتبط بتناول الأرز المطبوخ.

الدراسات السابقة: عالميا أظهرت دراسة Oyetibo وآخرين (2022) أن **مدة التخزين** تعد عاملا حاسما في زيادة خطورة التلوث، حيث يبدأ إنبات الأبواغ عند تخزين الأرز في درجة حرارة الغرفة (25–30°C) لأكثر من ساعتين، مع ارتفاع سريع في أعداد البكتيريا لتصل إلى مستويات ممرضة خلال 5–6 ساعات، وقد يصاحب ذلك إنتاج السموم القيئية أو المعوية .من ناحية أخرى، تناولت دراسة Rodrigo وآخرين (2021) تأثير طرق التخزين، حيث تبين أن تخزين الأرز في أوعية مكشوفة يزيد من تعرضه للأكسجين، مما يعزز نمو البكتيريا، في حين أن الأوعية المغلقة تقلل النمو نسبيا دون أن تمنعه بالكامل، خاصة في حال عدم التبريد السريع.

كما أشارت نفس الدراسة إلى قدرة أبواغ *B. cereus* على البقاء في الأرز الجاف لمدة تصل إلى 48 أسبوعا، مما يعكس خطورة هذه البكتيريا في سلاسل الغذاء. ومع ذلك، لوحظ انخفاض في حيوية الأبواغ عند التخزين في درجات حرارة مرتفعة (45°C) مع نشاط مائي منخفض.

أما من حيث نسب التلوث، فقد أظهرت دراسة Albaridi (2022) وجود البكتيريا في 50% من عينات الأرز الخام، وهي نسبة تتوافق مع نتائج Yu وآخرين (2020) الذين سجلوا نفس النسبة في الأرز والمعكرونة، مما يدل على الانتشار الواسع للبكتيريا في الأغذية النشوية. في المقابل، أظهرت دراسات أخرى نسبا أقل، حيث سجل Shaikh وآخرون (2019) نسبة 25%، بينما وجد Forero وآخرون (2018) نسبة 9% فقط، مما يشير إلى اختلاف معدلات التلوث تبعا للظروف البيئية وطرق التخزين والمعالجة. كما بينت دراسات Tessi وآخرين (2002) وValero وآخرين (2000) أن التخزين في درجات حرارة منخفضة (<4°C) يبطئ نمو البكتيريا من خلال إطالة طور الكمون وزيادة زمن التضاعف، دون القضاء عليها بشكل كامل.

اما في الإطار الإفريقي، تظهر الدراسات اهتماما متزايدا بمشكلة تلوث الأرز المطبوخ ببكتيريا *Bacillus cereus* نظرا لانتشار استهلاك الأرز وارتفاع درجات الحرارة البيئية. حيث بينت دراسة Oyetibo وآخرين (2022) – والتي أُجريت في بيئة إفريقية – أن تخزين الأرز في درجة حرارة الغرفة لفترات تتجاوز ساعتين يؤدي إلى نمو سريع للبكتيريا، لتصل إلى مستويات خطرة خلال ساعات قليلة، وهو ما يعكس تأثير المناخ الحار في تسريع تكاثر الكائنات الدقيقة.كما أظهرت هذه الدراسة أن سوء ممارسات التخزين، مثل ترك الطعام مكشوفا أو إعادة تسخينه بشكل غير كاف، يزيد من خطر التسمم الغذائي المرتبط بهذه البكتيريا.

على المستوى العربي، تشير الدراسات إلى ارتفاع ملحوظ في نسب التلوث ببكتيريا *Bacillus cereus* في الأرز ومنتجاته. حيث أظهرت إحدى الدراسات أن نسبة التلوث في عينات الأرز وصلت إلى 86.7%، وهي نسبة مرتفعة تعكس ضعف تطبيق معايير السلامة الغذائية في بعض البيئات.

كما أوضحت دراسة Albaridi (2022) أن نسبة وجود البكتيريا في الأرز الخام بلغت 50%، مما يبرز خطورة هذه المادة الغذائية كمصدر محتمل للتسمم الغذائي في الدول العربية. وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات العالمية، حيث أكدت أن **مدة التخزين ودرجة الحرارة** هما العاملان الأكثر تأثيرا في نمو البكتيريا، خاصة عند ترك الأرز في درجة حرارة الغرفة لفترات طويلة.

كما أشارت دراسات حديثة (Mohammadi et al., 2024) إلى أن تخزين الأرز في أوعية مغلقة يقلل من احتمالية التلوث مقارنة بالأوعية المكشوفة، إلا أن هذا الإجراء لا يكون كافيا في حال عدم التبريد السريع.

بكتيريا *Bacillus cereus* والخصائص الشكلية والفسيولوجية :

Bacillus cereus هي بكتيريا عصوية الشكل (Rod-shaped)، تتراوح أبعادها عادة بين 1.0 إلى 1.2 ميكرومتر عرضا و3.0 إلى 5.0 ميكرومتر طولا. تظهر خلاياها تحت المجهر كعصيات مفردة أو على هيئة سلاسل قصيرة. تتميز بأنها موجبة لصبغة جرام (Gram-positive) في الظروف المثالية، ولكنها قد تظهر كأنها سالبة جرام (Gram-variable) مع التقدم في العمر. تمتلك هذه البكتيريا القدرة على تكوين أبواغ داخلية (Endospores) مقاومة للحرارة، وعادةً ما تكون الأبواغ بيضاوية الشكل وتوجد في موقع مركزي أو طرفي داخل الخلية، مما يمنح البكتيريا مقاومة بيئية عالية، مزودة أيضا بأسواط (flagella) محيطية، ما يمنحها حركة نشطة (motile)، ويمكن ملاحظتها تحت المجهر الضوئي في وسط نصف صلب (Senesi et al., 2010).

شكل (1): بكتريا *Bacillus cereus* تحت المجهر
(Abo-Kamer et al., 2023).

تعتبر *Bacillus cereus* من البكتيريا الهوائية الاختيارية (Facultative Aerobe)، درجة الحرارة المثلى لنموها تتراوح بين 30–37°C، لكنها تستطيع النمو في مدى واسع من الحرارة يتراوح من 4°C إلى 50°C، مما يسمح لها بالبقاء في الأغذية المبردة أو المعاد تسخينها.،درجة الحموضة المثلى للنمو تتراوح بين pH 6.0–7.0، ويمكنها أن تنمو في نطاق حموضة أوسع، لكنها تتأثر عند قيم أقل من pH 5.تتميز أيضا بقدرتها على إفراز إنزيمات خارجية مثل الأميليز (Amylase) والليباز (Lipase) والليباز الفسفاتي (Lecithinase)، والتي تلعب دورا في تحليل المكونات الغذائية، وهو ما يفسر علاقتها بتلف الأطعمة (Abo-Kame et al., 2023). عند زراعتها على وسط آجار الدم (Blood agar)، تظهر انحلالا للهيموغلوبين من نوع بيتا (β-hemolysis)، مما يدل على إنتاجها لعوامل ممرضة .

كما أنها تستطيع النمو على أوساط بسيطة دون الحاجة إلى متطلبات غذائية خاصة، وتظهر مستعمراتها عادة على وسط آجار المغذيات (Nutrient agar) بشكل غير منتظم، ذات حواف خشنة ولامعة رمادية اللون (Who and Ng., 2024).

تعد *Bacillus cereus* من البكتيريا المكونة للأبواغ، وتنتمي إلى عائلة Bacillaceae. تتواجد هذه البكتيريا بشكل طبيعي في البيئة، وخاصة في التربة والغبار والماء، كما تعد من الملوثات الشائعة للأطعمة، لا سيما الأرز، ومنتجات الألبان، واللحوم، والخضروات. تمتاز بقدرتها على تحمل الظروف البيئية القاسية بفضل تكوينها للأبواغ المقاومة للحرارة، والتي تساعدها على البقاء والنمو حتى بعد عمليات الطهي والتخزين . تستطيع النمو في درجات حرارة تتراوح بين 4°C إلى 50°C، مما يجعلها خطرة في الأغذية المخزنة في درجات حرارة غير مناسبة. تنتج هذه البكتيريا نوعين رئيسيين من السموم: الأول يسبب التسمم القيئي نتيجة لإنتاج السم المقاوم للحرارة (cereulide)، والثاني يسبب التسمم المعوي بسبب إنتاج سموم معوية بعد الاستهلاك . (Bottone, 2010)

تشكل *Bacillus cereus* تهديدا للصحة العامة بسبب ارتباطها بالتسممات الغذائية، كما أن بعض سلالاتها قد تظهر مقاومة للمضادات الحيوية، مما يزيد من أهمية الكشف عنها ومراقبتها في المنتجات الغذائية (EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2016).

دورة الحياة وتكوين الأبواغ في *Bacillus cereus*

تتميز *Bacillus cereus* بدورة حياة ديناميكية تشمل مرحلتين أساسيتين: المرحلة الخضرية (النشطة) ومرحلة تكوين

الأبواغ، مما يمنحها القدرة على البقاء في بيئات قاسية والتسبب في تلوث غذائي مستمر. خلال المرحلة الخضرية، تكون الخلايا نشطة وتمارس عمليات الأيض، وتنمو وتنقسم انقسامًا ثنائيا، وتنتج سموما مسؤولة عن التسمم الغذائي، خاصة السموم المعوية والقيئية (keith et al., 2015). عندما تتعرض الخلايا إلى ظروف غير ملائمة للنمو، مثل نقص العناصر الغذائية أو تغيرات في درجات الحرارة أو الجفاف، تبدأ عملية التبوغ (sporulation)، وهي عملية معقدة ومنظمة تنتهي بتكوين بوغ داخلي مقاوم. تحدث هذه العملية على عدة مراحل تبدأ بانقسام خلوي غير متماثل لتشكيل الخلية البوغية (forespore) والخلية الأم (mother cell)، يلي ذلك تغليف البوغ بعدة طبقات من البروتينات والدهون والمواد السكرية لتكوين جدار صلب ومتين (Hassen et al., 2023).

تمتاز أبواغ *Bacillus cereus* بقدرتها العالية على مقاومة الحرارة، الإشعاع، الجفاف، والمطهرات الكيميائية، مما يجعلها قادرة على النجاة خلال عمليات الطهي التقليدية والتخزين غير السليم للأغذية. هذه الأبواغ يمكن أن تظل كامنة لفترات طويلة في البيئة، وعندما تعود الظروف البيئية إلى ما يناسب النمو، تدخل الأبواغ في مرحلة الإنبات (germination)، حيث تستعيد النشاط الحيوي وتنمو إلى خلايا خضرية جديدة. يمثل هذا التكيف الدفاعي أحد أسباب قدرتها على الاستمرار كممرض غذائي مهم، حيث تعد الأطعمة مثل الأرز المطبوخ المخزن في درجات حرارة غير مناسبة بيئة مثالية لإنبات الأبواغ وتكاثر البكتيريا. بالتالي، يعد فهم دورة الحياة والتبوغ أمرا جوهريا في الوقاية من التسممات الغذائية الناتجة عنها، كما أنه يساعد في تطوير استراتيجيات فعالة للسيطرة على تلوث الأغذية (Ehling-Schulz et al., 2015) .

قدرة *Bacillus cereus* على النجاة في الظروف البيئية القاسية

تعد *Bacillus cereus* من أكثر أنواع البكتيريا قدرة على النجاة في البيئات القاسية، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى خاصيتها في تكوين الأبواغ (spores) التي تمنحها مقاومة عالية لعدد من العوامل الفيزيائية والكيميائية. تتميز هذه الأبواغ ببنية معقدة تتكون من طبقات متعددة مثل الطبقة القشرية (cortex)، والطبقة الغلافية (coat)، والغلاف الخارجي (exosporium)، وكل منها يلعب دورا في الحماية من المؤثرات البيئية الضارة (Carlin, 2011).

الأرز كوسط غذائي محفز لنمو *Bacillus cereus*

يعد الأرز من أكثر الأطعمة عرضة للتلوث ببكتيريا *B. cereus*، ويصنف كأحد أهم الأوساط الغذائية التي تحفز نمو هذه البكتيريا، وذلك بسبب خصائصه الكيميائية والبيئية التي توفر بيئة مناسبة لتكاثرها، خاصة بعد الطهي والتخزين غير السليم. يحتوي الأرز، خاصة الأبيض والمقشر، على نسب عالية من الكربوهيدرات (بالأخص النشا)، وهو المصدر الأساسي للطاقة الذي تستخدمه *B. cereus* في النمو والتكاثر. كما أن الأرز يوفر كمية مناسبة من البروتينات النباتية وبعض المعادن مثل الحديد والمغنيسيوم، إضافة إلى الرطوبة العالية التي تنتج بعد الطهي، ما يشكل وسطًا غذائيا مثاليا للبكتيريا في حال لم يتم تبريده أو حفظه بالشكل المناسب (EFSA Panel on Biological Hazards , 2016) .

تكمن الخطورة في أن أبواغ *B. cereus* قد تتواجد في الأرز النيء نتيجة التلوث البيئي (مثل التربة أو الغبار)، وتبقى في حالة سبات خلال الطهي بسبب مقاومتها للحرارة. وعندما يترك الأرز المطبوخ في درجة حرارة الغرفة (بين 10–50°C)، تبدأ الأبواغ في الإنبات وتتحول إلى خلايا خضرية نشطة تنتج السموم، خاصة السم القيئي (cereulide)، الذي يعد مستقراً حراريا ولا يتأثر بإعادة التسخين (Yang et al., 2023) . أظهرت الدراسات أن محتوى النشا المرتفع في الأرز يساعد على النمو السريع للبكتيريا، كما أن طبيعة النشا الجيلاتيني بعد الطهي تزيد من قدرتها على الالتصاق والتكاثر. علاوة على ذلك، فإن قلة الحموضة الطبيعية (pH) قريب من التعادل في الأرز تزيد من احتمالية تكاثر البكتيريا مقارنة بأطعمة أكثر حموضة. بالتالي، يعد التركيب الغذائي للأرز محفزا قويا لنمو *B. cereus* في حال تم تخزينه في ظروف غير صحية، مما يستدعي ضرورة تبريد الأرز المطبوخ إلى أقل من 4°C خلال ساعتين من الطهي وتجنب إعادة تسخينه

عدة مرات(Navaneethan and Effarizah, 2023).

تأثير درجات الحرارة على نمو : *Bacillus cereus*

تلعب درجة الحرارة دورا محوريا في تنشيط أو تثبيط نمو*B. cereus* ، سواء في صورته الخضرية أو في شكل الأبواغ المقاومة. تعد هذه البكتيريا من الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة (mesophilic)، لكنها تظهر أيضا قدرة على النمو في ظروف التبريد أو التسخين غير الكافي (Valdez et al.,2022).

النمو في درجات حرارة الغرفة (20–30°C) :-

تعتبر هذه الدرجة هي النطاق المثالي لنمو الخلايا الخضرية للبكتيريا، خاصة إذا توفرت بيئة غذائية مناسبة مثل الأرز المطبوخ أو الأطعمة النشوية الأخرى. في هذا النطاق الحراري، تنمو بسرعة، ويمكن أن تصل أعدادها إلى مستويات خطرة خلال ساعات قليلة. كما أن هذا النطاق يدعم إنتاج السموم، خصوصا السم القيئي cereulide الذي قد يسبب التسمم الغذائي حتى في حال إعادة التسخين لاحقًا.

النمو عند التبريد 4°C:-

رغم أن معظم سلالات*B. cereus* لا تنمو عند درجات التبريد التقليدية، إلا أن بعض السلالات التي تتحمل درجات حرارة منخفضة (psychrotrophic) قادرة على النمو ببطء عند 4°C. وهذا يعني أن الأطعمة المخزنة في الثلاجة لفترات طويلة (خاصة الأرز المطبوخ) يمكن أن تصبح ملوثة بالبكتيريا، حتى عند التبريد .

النمو عند التسخين وإعادة التسخين:

تؤدي عمليات التسخين إلى القضاء على الخلايا الخضرية، لكن الأبواغ الحرارية المقاومة غالبا ما تنجو. وإذا لم يتم تسخين الطعام إلى درجة حرارة ≤74 °C في جميع أجزائه، فقد تنبت الأبواغ لاحقا وتعيد دورة التكاثر، خاصة إذا ترك الطعام في حرارة الغرفة بعد التسخين. كما أن بعض السموم، مثل cereulide، تقاوم الحرارة ولا تتلف بإعادة التسخين (Wang et al., 2024).

أثر مدة التخزين على نمو *Bacillus cereus*في الأرز المطبوخ :

تعد مدة التخزين عاملا بالغ الأهمية في تحديد درجة خطورة تلوث الأطعمة، وخاصة الأرز المطبوخ، بالبكتيريا حيث تمثل هذه البكتيريا خطرا كبيرا في الأغذية المُطهية والمخزنة، بسبب قدرتها على إنتاج أبواغ حرارية مقاومة، تظل كامنة في الطعام حتى تجد الظروف المناسبة لتنمو وتتكاثر.عند تخزين الأرز المطبوخ في درجة حرارة الغرفة (25–30°C) لفترة زمنية تمتد لأكثر من ساعتين، تبدأ الأبواغ في الإنبات والتحول إلى خلايا خضرية نشطة، مما يؤدي إلى تزايد سريع في عدد البكتيريا. ووفقا لدراسات متعددة، يمكن أن تصل الكثافة البكتيرية إلى مستويات مسببة للأمراض خلال 5 إلى 6 ساعات فقط من التخزين في درجة حرارة غير مناسبة، وقد يصاحب هذا النمو إنتاج السموم المعوية أو القيئية، اعتمادا على سلالة البكتيريا ونوع الغذاء (Oyetibo et al.,2022). حتى عند التخزين في الثلاجة 4°C فإن بعض سلالات *B. cereus*القادرة على النمو في درجات الحرارة المنخفضة (psychrotrophic strains) قد تتكاثر ببطء مع مرور الوقت، خصوصا إذا تم تخزين الأرز لعدة أيام دون تسخين فعال قبل الاستهلاك. وتشير الأبحاث إلى أنه بعد 3 إلى 5 أيام من التخزين البارد، يمكن أن تصل أعداد البكتيريا إلى مستويات خطرة، خاصة في حال تكرار إخراج الطعام من الثلاجة وإعادته (Wang et al., 2024).

تأثير ممارسات الطهي والتخزين المنزلية والتجارية على نمو *Bacillus cereus*:

تلعب ممارسات الطهي والتخزين دورا حيويا في التحكم بنمو*B. cereus* في الأطعمة المطبوخة، مثل الأرز. إذ أن الظروف التي يتم فيها طهي الأرز وتخزينه قد تؤثر بشكل كبير على قدرة هذه البكتيريا على التكاثر، مما يساهم في زيادة

خطر التسمم الغذائي.

تخزين الأرز في أوعية مغطاة أو مكشوفة:-

من العوامل المؤثرة في نمو *B. cereus* طريقة تخزين الأرز بعد الطهي. إذا تم تخزين الأرز في أوعية مكشوفة، فإن ذلك يوفر بيئة مثالية للبكتيريا لامتصاص الأوكسجين المحيط، مما يعزز من نموها. بينما يساعد تخزين الأرز في أوعية مغطاة على تقليل تعرضه للأوكسجين، مما قد يحد من نمو الخلايا الخضرية للبكتيريا، لكنه لا يمنعها بشكل كامل. في كلا الحالتين، يظل خطر تكاثر الأبواغ قائما، خصوصا إذا لم يتم تبريد الأرز بشكل سريع (Rodrigo et al., 2021) .

التسمم الغذائي المرتبط بـ : *Bacillus cereus*

يعد*B. cereus* من البكتيريا التي تتسبب في التسمم الغذائي، وينتج عن تناول أطعمة ملوثة بهذه البكتيريا أو سمومها. وتتميز هذه البكتيريا بقدرتها على النمو في درجات حرارة متفاوتة، وتكوين أبواغ يمكنها البقاء على قيد الحياة في الظروف القاسية، مثل درجات الحرارة العالية. يؤدي تناول أطعمة ملوثة بـ *B. cereus* إلى نوعين من التسمم الغذائي: التسمم القيئي (الإمتيك) والتسمم المعوي الإسهالي. (Rodrigo et al., 2021)تختلف أعراض التسمم الغذائي الناجم عن Bacillus cereus بناء على نوع السم الذي يتم إفرازه.

1- **التسمم القيئ (الإمتيك):-** الأعراض تظهر بسرعة بعد تناول الطعام الملوث، عادة في غضون 1-6 ساعات. يتمثل العرض الرئيس في القيء الشديد، وأحيانا الغثيان، ويمكن أن يرافقه آلام في البطن. تزداد شدة الأعراض في حالة تناول الأطعمة التي تحتوي على السموم القيئية التي ينتجها *B. cereus* في الأطعمة مثل الأرز المطبوخ المخزن في درجات حرارة غير آمنة.

2- **التسمم المعوي (الإسهالي):-** في هذا النوع من التسمم، تظهر الأعراض عادة بعد 6-15 ساعة من تناول الأطعمة الملوثة. يتمثل العرض الأساسي في الإسهال المائي، الذي قد يترافق مع الانتفاخ وآلام البطن. وقد تشمل الأعراض الأخرى الشعور العام بالضعف والتعب. في بعض الحالات الشديدة، قد تكون هناك أيضًا حالات جفاف بسبب فقدان السوائل (Kubota et al., 2022 & Dubey et al., 2021).

أنواع السموم التي تنتجها : *Bacillus cereus*

تنتج *B. cereus* نوعين رئيسيين من السموم التي تؤدي إلى الأعراض السريرية المرتبطة بالتسمم الغذائي:

1- **السم الإمتيك (القيئ):-** ينتج هذا السم في الأطعمة أثناء التخزين في درجات حرارة غير آمنة. هذا السم هو عبارة عن توكسين حراري مستقر يمكنه مقاومة درجات الحرارة العالية. يعمل السم الإمتيك على التأثير في الجهاز الهضمي من خلال تحفيز منطقة القيء في الدماغ، مما يسبب الغثيان والقيء السريع بعد تناول الطعام الملوث. ينتج هذا السم عادةً في أطعمة مثل الأرز المقلي أو الأطعمة التي تحتوي على كميات كبيرة من النشا.

2- **السم الدياريجينيك (الإسهالي):-** ينتج هذا السم عندما تكون البكتيريا في بيئة غير ملائمة، مثل الأطعمة الملوثة التي تخزن لفترات طويلة في درجات حرارة غير كافية. يؤثر السم المعوي على الأمعاء عبر تحفيز إفراز السوائل في الأمعاء الدقيقة، مما يؤدي إلى الإسهال المائي. هذا النوع من السم يتطلب درجة حرارة معتدلة للنمو، حيث يتكاثر *B. cereus* ويطلق السم خلال فترة من 6 إلى 15 ساعة بعد تناول الطعام الملوث (Atwaa et al., 2022).

المواد والطرقMaterials and Methods

أولًا: المواد والأجهزة المستخدمة

المواد البيولوجية

- **عينات من الأرز المطبوخ:**

- o أرز بسمتي مطبوخ منزليا.
- o أرز مصري مطبوخ منزليا.
- o أرز مقلي من مطاعم..

الأوساط الزرعية

- **MYP Agar (Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar):**
  - o وسط انتقائي مخصص لعزل Bacillus cereus.
  - o يحتوي على:
    - مانيتول (Mannitol): كربوهيدرات للتخمر.
    - صفار البيض (Egg Yolk): للكشف عن نشاط الليسيثيناز.
    - بوليميكسين B (Polymyxin B): مضاد حيوي يمنع نمو البكتيريا الأخرى.
    -

مستعمرات *B. cereus* تكون وردية اللون مع هالة عكرة نتيجة نشاط الليسيثيناز.

- o يتم تحضيره حسب تعليمات الشركة المصنعة أو يُشترى جاهزًا.

الأدوات والأجهزة

- أطباق بتري معقمة.
- حاضنة ميكروبية (Incubator) قابلة لضبط درجة الحرارة.
- ثلاجة (4°C).
- مجمدة (−18°C).
- ميزان حرارة رقمي أو زئبقي.
- ميزان إلكتروني (لقياس كمية العينة).
- أنابيب اختبار معقمة.
- ماء مقطر معقم.
- ماصة ميكروبيولوجية (Pipette) و Tips معقمة.
- سبريدر (spreader) معقم للفرد على الأوساط.
- عدّاد مستعمرات (أو العد اليدوي).
- أدوات تعقيم (لهب بنزن، أوتوكليف).
- شريط أو جهاز قياس pH .
- قفازات وملابس معقمة.

ثانيا: تصميم التجربة

المتغيرات:

التصنيف	المتغير
بسمتي، مصري، مقلي	نوع الأرز
منزل، مطعم، كافتيريا، سوق	المصدر
حرارة الغرفة (25°C)، ثلاجة (4°C)، مجمدة (−18°C)	درجة الحرارة
0، 4، 8، 12، 24 ساعة	مدة التخزين
مغطى، مكشوف	الغطاء
لا شيء، ملح، عصير ليمون	المضافات
يتم قياسه	pH
قبل وبعد التسخين	إعادة التسخين
الرائحة، اللون، العكارة	النتائج الحسية
يتم تسجيله CFU/غم	عدد المستعمرات

ثالثا: خطوات العمل

1 – تحضير العينات

- يطهى الأرز منزليا تحت ظروف نظيفة
- تجمع العينات الجاهزة من مطاعم وكافتيريات وسوبرماركت.
- توضع كل عينة في عبوة بلاستيكية معقمة ومغلقة.
- تقسم العينات حسب نوع الأرز ومصدره وظروف التخزين.

2– التخزين

- تجهز عينات مغطاة ومكشوفة للمقارنة.
- تعد عينات بإضافة 0.5 غ ملح/10 غ أرز أو 1 مل عصير ليمون/10 غ.

3 –قياس pH

- تؤخذ عينة (~1 غرام أرز) وتخلط مع 10 مل ماء مقطر.
- يقاس pH باستخدام شريط أو جهاز إلكتروني.
- يسجل في جدول البيانات.

4 –تحضير التعليق البكتيري

- يؤخذ 1 غرام من الأرز ويوضع في أنبوب يحتوي على 9 مل من الماء المقطر المعقم.
- يرج جيدا لمدة 30 ثانية.
- يتم تحضير تخفيفات عشرية (10^{-1}، 10^{-2}، 10^{-3}) إذا كان متوقعا عدد كبير من البكتيريا.

5 ا–لزراعة على وسط MYP

- يفرد 0.1 مل من كل تخفيف على وسط MYP في طبق بتري.
- يتم فرد العينة باستخدام سبريدر معقم بطريقة العزل السطحي.
- تحضن الأطباق في الحاضنة عند 30°C لمدة 24 ساعة.

6 –العد والتشخيص

- بعد 24 ساعة، تلاحظ المستعمرات:
  - لون وردي.
  - هالة عكرة حول المستعمرة.
- تعد المستعمرات يدويا أو باستخدام عداد.
- تسجل النتيجة بوحدة CFU/غم.

7 –إعادة تسخين العينات

- تسخن بعض العينات المخزنة لمدة 12 و24 ساعة في الميكروويف لمدة دقيقتين حتى تصل لدرجة حرارة >70°C.
- تبرد قليلاً ثم تزرع بنفس الطريقة.
- تقارن النتائج قبل وبعد التسخين لتقييم مدى بقاء *B. cereus*.

8 –التقييم الحسي

- تسجل الملاحظات البصرية والرائحة في كل وقت:
  - تغير في اللون أو المظهر.
  - رائحة خفيفة أو كريهة.
  - لزوجة أو نمو فطري ظاهر.

التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS (الإصدار 25) لتقييم تأثير كل من درجة حرارة التخزين ومدة الحفظ ونوع الأرز والمضافات على نمو *B. cereus*. تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية لعدد المستعمرات (CFU/g)، وأُجري تحليل التباين الأحادي (One–Way ANOVA) لاختبار الفروق بين المجموعات المختلفة. كما استُخدم اختبار (t–test) للمقارنة بين العينات المغطاة والمكشوفة، وكذلك قبل وبعد إعادة التسخين. تم تحليل العلاقة بين pH وعدد المستعمرات باستخدام معامل الارتباط بيرسون (Pearson's correlation). واعتبر مستوى الدلالة الإحصائية عند ($p < 0.05$) لتحديد الفروق ذات المعنى الإحصائي.

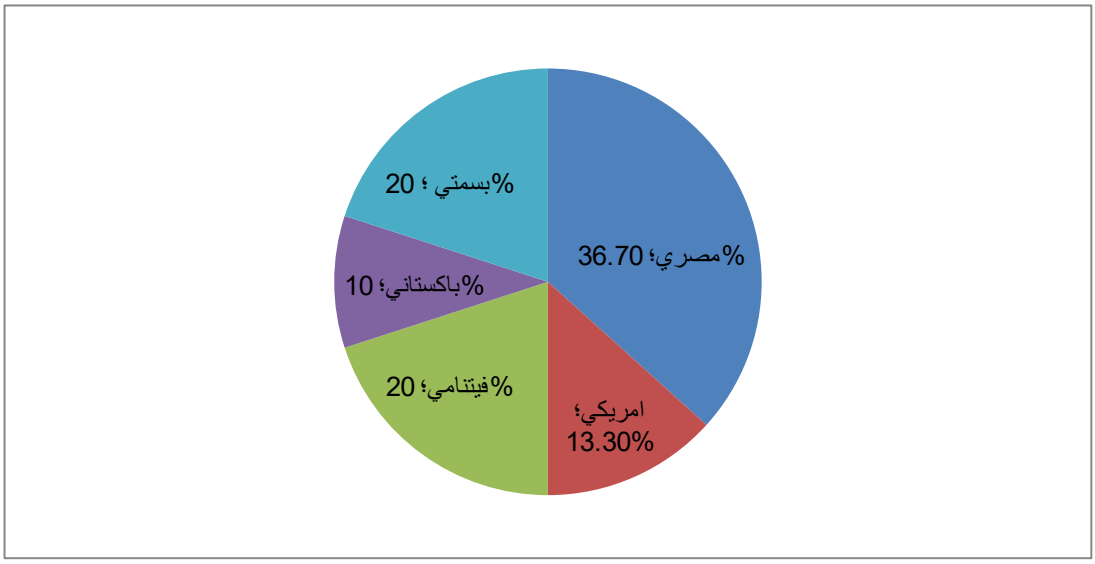
النتائج

توزيع انواع الارز في العينات :

يوضح الجدول (1) توزيع أنواع الأرز المختلفة في مجموعة العينات المدروسة، والتي بلغ عددها الإجمالي 30 عينة. يتبين من الجدول أن الأرز المصري هو الأكثر شيوعا بين العينات، حيث مثل 36.7% من إجمالي العينات .يأتي في المرتبة الثانية كل من الأرز الفيتنامي والأرز البسمتي بنسبة 20% لكلٍ منهما. أما الأرز الأمريكي فقد شكل 13.3% من العينات، وهو أقل من الأنواع السابقة، لكنه لا يزال يحتل نسبة لا يستهان بها. في حين أن الأرز الباكستاني كان الأقل تمثيلاً بنسبة 10% فقط .

جدول (1): بيان بأنواع الارز في العينات

نوع الارز	العدد	النسبة المئوية (%)
مصري	11	36.7%
امريكي	4	13.3%
فيتنامي	6	20%
باكستاني	3	10%
بسمتي	6	20%
	30	100%



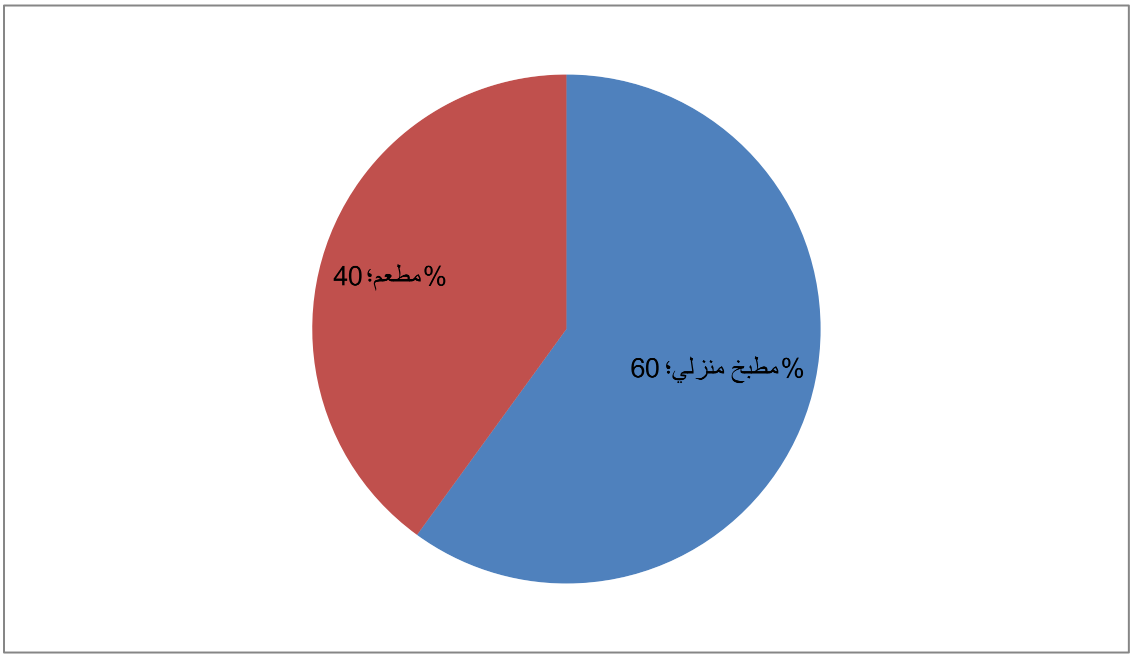
شكل (1): توزيع انواع الارز المختلفة بين العينات

مصادر عينات الارز:

يعرض الجدول (2) و شكل (2) توزيع عينات الأرز بحسب مصدرها، ويظهر أن الغالبية العظمى من العينات (60%) تم جمعها من مطابخ منزلية، بينما تم جمع 30% من مطاعم. إن نسبة 40% من العينات التي جمعت من مطاعم تعد أيضا مهمة، إذ تتيح مقارنة بين نوعية الأرز وطرق تحضيره أو تخزينه في البيئات المنزلية مقابل البيئات التجارية أو الخدمية

جدول (2): بيان بمصادر عينات الارز

مصدر الارز	العدد	النسبة المئوية (%)
مطبخ منزلي	18	60%
مطعم	12	40%
	30	100%



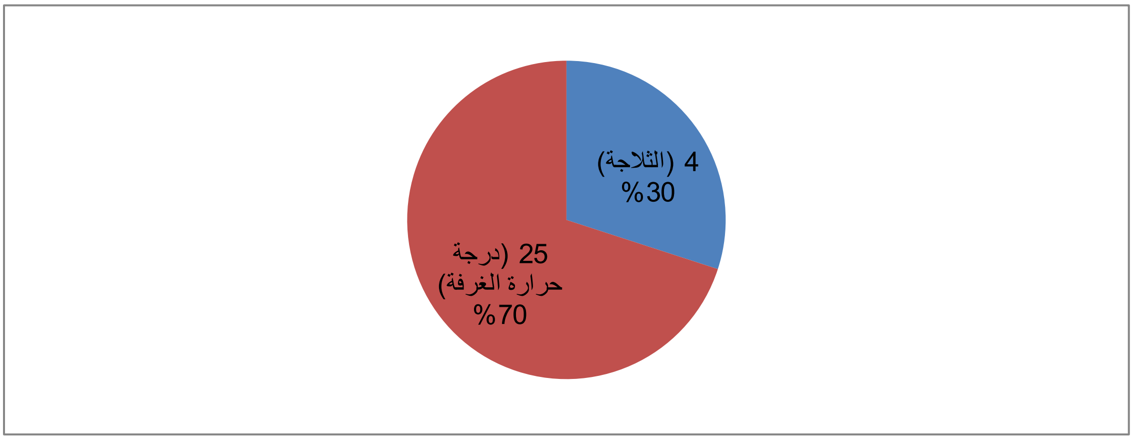
شكل (2): مصادر عينات الارز

توزيع درجات الحرارة التي تم تخزين عينات الارز بها:

يبين الجدول (3) توزيع درجات الحرارة التي خزنت عندها عينات الأرز، ويلاحظ أن الغالبية العظمى من العينات (70%) تم تخزينها في درجة حرارة الغرفة 25(C°)، في حين أن 30% فقط تم تخزينها في الثلاجة (4C°)

جدول (3): بيان بدرجات حرارة تخزين عينات الارز

مصدر الارز	العدد	النسبة المئوية (%)
4 (الثلاجة)	9	30%
25 (درجة حرارة الغرفة)	21	70%
	30	100%



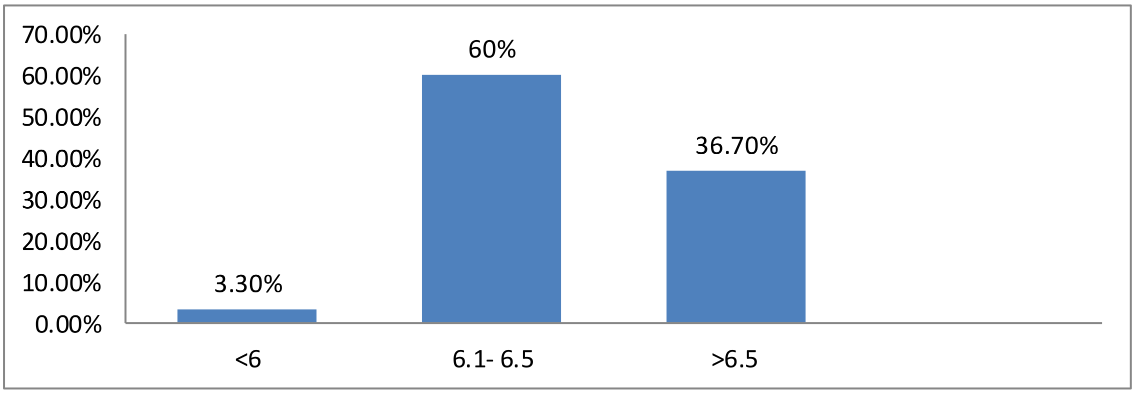
شكل (3): توزيع مصادر عينات الارز

قياس الاس الهيدروجيني لعينات الارز:

يوضح الجدول (4) توزيع قراءات الأس الهيدروجيني (pH) لعينات الأرز، والذي يعد مؤشرا مهما في تقييم قابلية نمو البكتيريا، خصوصا *B. cereus.* تشير النتائج إلى أن 60% من العينات كان لها pH بين 6.1 و6.5، وهي ضمن النطاق القريب من التعادل. بينما كانت 36.7% من العينات ذات pH أعلى من 6.5، مما يشير إلى بيئة تميل إلى القلوية الخفيفة. أما العينة الوحيدة التي كان pH فيها أقل من 6 بنسبة (3.3%)، فهي تمثل بيئة أكثر حموضة.

جدول (4): توزيع قياسات الاس الهيدروجيني لعينات الارز

الاس الهيدروجيني	العدد	النسبة المئوية (%)
<6	1	3.3%
6.1- 6.5	18	60%
>6.5	11	36.7%
	30	100%



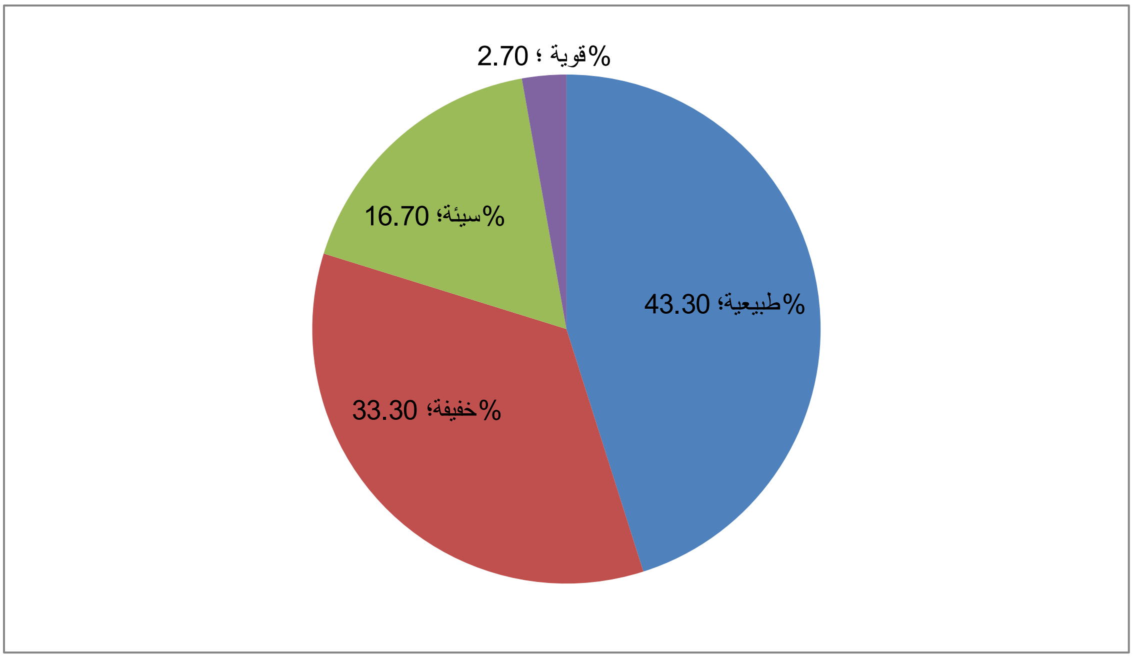
شكل (4): توزيع قياسات الاس الهيدروجيني لعينات الارز.

بيان اختلاف رائحة عينات الارز:-

يوضح الجدول (5) تقييم الرائحة في عينات الأرز بعد التخزين، والتي تعد مؤشرا حسيا مهمًا يستخدم مبدئيا لتقدير مدى سلامة أو تلف الطعام. تشير النتائج إلى أن 43.3% من العينات احتفظت برائحة طبيعية، مما يدل على احتمالية كونها محفوظة بشكل جيد نسبيا سواء من حيث درجة الحرارة أو مدة التخزين. أما 33.3% من العينات فقد ظهرت بها رائحة خفيفة غير معتادة. ومن المثير للانتباه أن 16.7% من العينات كانت ذات رائحة سيئة واضحة، في حين أن 2.7% أظهرت رائحة قوية جدا وغير مقبولة،

جدول (5): بيان اختلاف الرائحة بين عينات الارز

الرائحة	العدد	النسبة المئوية (%)
طبيعية	13	43.3%
خفيفة	10	33.3%
سيئة	5	16.7%
قوية	2	2.7%
	30	100%



شكل (5): بيان اختلاف الرائحة بين عينات الارز

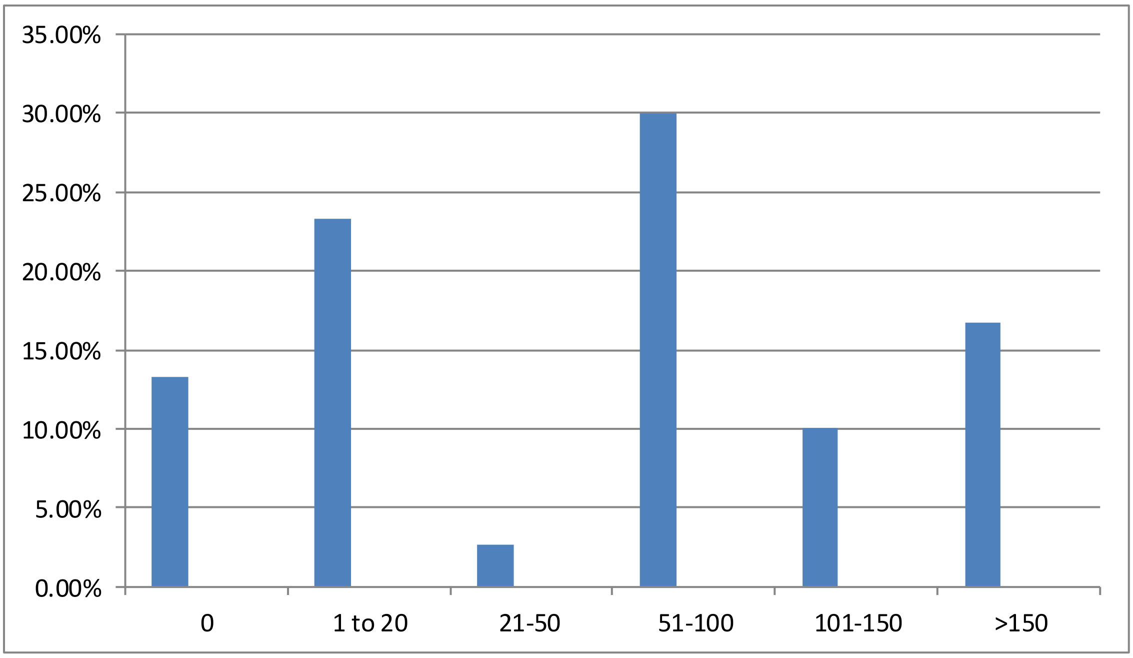
بيان عدد مستعمرات البكتريا لعينات الارز

تشير نتائج الدراسة المتعلقة بعدد مستعمرات البكتيريا في عينات الأرز إلى تباين واضح في مستويات التلوث الميكروبي، حيث أظهر 13.3% من العينات عدم وجود أي نمو بكتيري. في المقابل، تم تسجيل نسب متفاوتة من التلوث في العينات الأخرى، إذ احتوت 23.3% من العينات على عدد قليل من المستعمرات (1–20). وجدت نسبة صغيرة من العينات (2.7%) تحتوي على 21–50 مستعمرة. أما أعلى نسبة من العينات (30%) فكانت تحتوي على 51–100 مستعمرة، مما يعد دليلا على تلوث كبير. كما أظهرت 10% من العينات وجود 101–150 مستعمرة، في حين أن 16.7% من العينات تجاوزت 150 مستعمرة.

وهذا يعني ان نسبة العينات التي بها تلوث ببكتريا الارز هي 86.7%. حيث وجد فقط اربع عينات لا تحتوي علي اي نمو

جدول (6): بيان عدد مستعمرات البكتريا لعينات الارز

العدد	العدد	النسبة المئوية (%)
0	4	13.3%
1-20	7	23.3%
21-50	2	2.7%
51-100	9	30%
101-150	3	10%
>150	5	16.7%
	30	100%



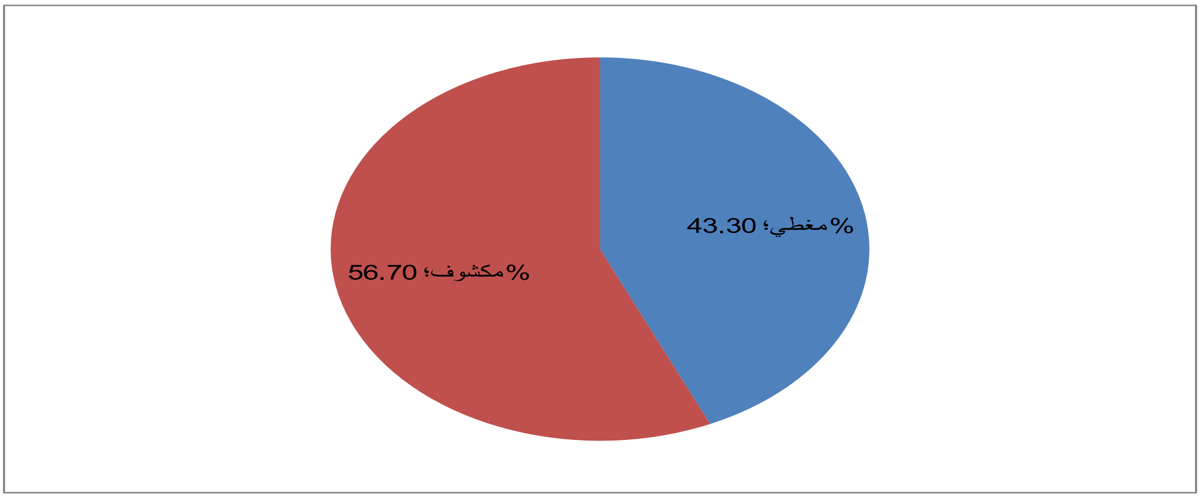
شكل (6): بيان عدد مستعمرات البكتريا لعينات الارز

طريقة حفظ عينات الارز من حيث كونه مغطي او مكشوف:

تشير نتائج طريقة حفظ عينات الأرز من حيث كونها مغطاة أو مكشوفة إلى أن غالبية العينات (56.7%) تم تخزينها وهي مكشوفة، بينما تم تغطية 43.3% فقط من العينات.

جدول (7): توزيع حالة حفظ عينات الارز من حيث كونه مغطي او مكشوف

الحفظ	العدد	النسبة المئوية (%)
مغطي	13	43.3%
مكشوف	17	56.7%
	30	100%



شكل (7): توزيع حالة حفظ عينات الارز من حيث كونه مغطي او مكشوف

بيان اختلاف مدة تخزين عينات الارز بالساعة:

تشير نتائج اختلاف مدة تخزين عينات الأرز إلى أن نصف العينات تقريبا (50%) تم تخزينها لمدة تتراوح بين 12 إلى 24 ساعة. كما أظهرت البيانات أن 13.3% من العينات تم استهلاكها أو فحصها دون تخزين (0 ساعة) . كذلك، تم تخزين 13.3% من العينات لفترات قصيرة (1–8 ساعات(، وجدت عينات خزنت لفترات أطول من 24 ساعة، حيث تمثل العينات المخزنة بين 25–36 ساعة نسبة 10%، وتلك التي تجاوزت 36 ساعة أيضا بنسبة 13.3%،. يلاحظ أيضا أن مدة التخزين بين 9–12 ساعة لم تُسجل في أي من العينات.

جدول (8): بيان اختلاف مدة تخزين عينات الارز بالساعة

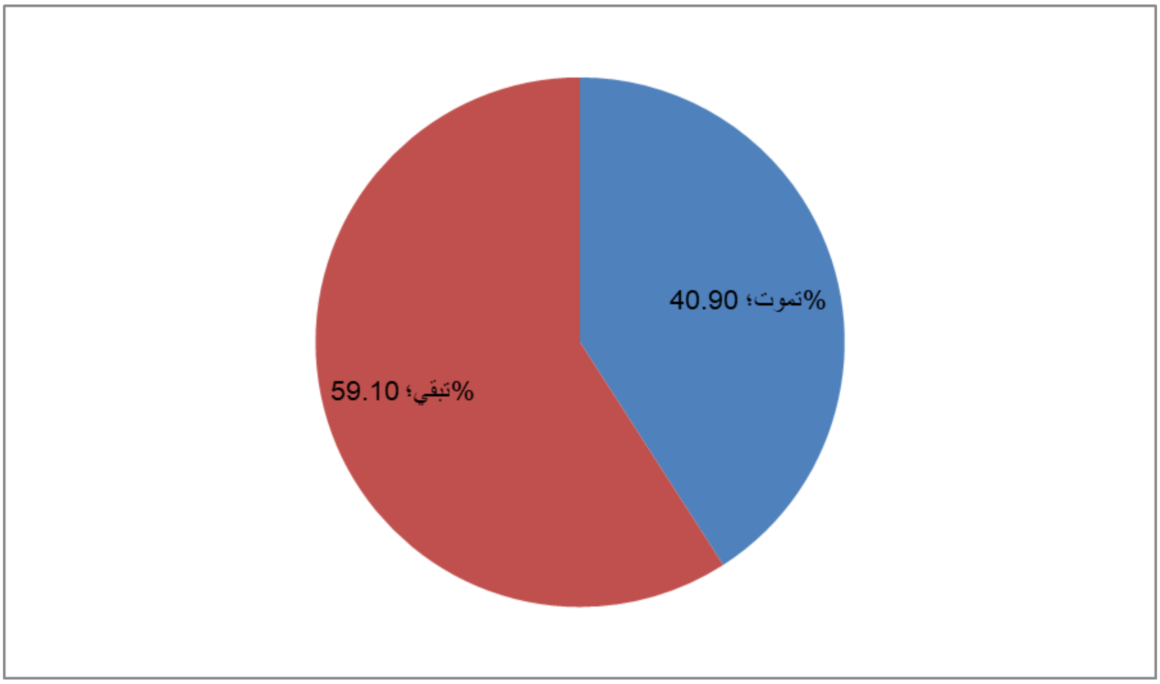
المدة بالساعة	العدد	النسبة المئوية (%)
0	4	13.3%
1–8	4	13.3%
9–12	0	0%
12–24	15	50%
25–36	3	10%
>36	4	13.3%
	30	100%

بيان نتيجة التسخين علي البكتريا من حيث موتها او بقائها :

تشير نتائج تأثير التسخين على البكتيريا في عينات الأرز إلى أن 59.1% من البكتيريا بقيت حية بعد التسخين، في حين أن 40.9% منها ماتت. تعكس هذه النتائج قدرة بعض أنواع البكتيريا*B. cereus* ، على مقاومة درجات الحرارة المرتفعة. من ناحية أخرى، فإن موت البكتيريا في 40.9% من العينات قد يرتبط باستخدام تسخين فعال بدرجة حرارة ومدة مناسبة.

جدول (9): بيان نتيجة تسخين الارز علي البكتريا من حيث موتها او بقائها

الاثر	العدد	النسبة المئوية (%)
تموت	9	40.9%
تبقي	13	59.1%
	22	100%



شكل (8): بيان نتيجة تسخين الارز علي البكتريا من حيث موتها او بقائها

علاقة عدد المستعمرات مع عدة متغيرات:

تظهر النتائج المقدمة العلاقة بين عدد مستعمرات البكتيريا في عينات الأرز وعدة متغيرات مثل نوع الأرز، مصدر العينة، درجة الحرارة، مدة التخزين، وطريقة الحفظ (مغطى أو مكشوف)، بالإضافة إلى قيمة الفروق المعنوية (P-value) التي تحدد مدى تأثير هذه المتغيرات على عدد المستعمرات.

بالنسبة إلى نوع الأرز، يظهر الجدول توزيعا متفاوتا لمستويات التلوث بين الأنواع المختلفة، لكن قيمة الفروق المعنوية (P = 0.707681) تشير إلى عدم وجود فرق إحصائي دال بين أنواع الأرز المختلفة فيما يتعلق بعدد مستعمرات البكتيريا. هذا يعني أن نوع الأرز لا يؤثر بشكل كبير على التلوث الميكروبي في العينات.

أما بالنسبة إلى مصدر الأرز (مطبخ ، منزلي أو مطعم)، فتوضح النتائج وجود تباين في عدد المستعمرات، مع ميل بعض العينات من المطاعم إلى احتواء مستويات مرتفعة من المستعمرات، لكن قيمة الفروق المعنوية (P = 0.136495) تشير إلى أن هذا الاختلاف غير دال إحصائيا، مما يعني أن المصدر لا يعد عاملًا مؤثرًا قويا في مستوى التلوث.

بالنسبة لـ درجة الحرارة، هناك فرق معنوي واضح (P = 0.042749) بين العينات المخزنة في الثلاجة (4 درجات مئوية) وتلك المخزنة في درجة حرارة الغرفة (25 درجة مئوية). يظهر الجدول أن العينات المخزنة في درجة حرارة الغرفة تحتوي على أعداد أكبر من المستعمرات، خاصة في الفئات المرتفعة (>50 مستعمرة). هذا يؤكد أن التخزين في درجة حرارة منخفضة يقلل من نمو البكتيريا بشكل ملحوظ.

فيما يتعلق بـ مدة التخزين، تُظهر النتائج فرقًا معنويا عاليا (P = 0.000139)، حيث أن العينات المخزنة لمدة 12-24 ساعة و25-36 ساعة وما فوقها تحتوي على مستويات أعلى من المستعمرات مقارنة بتلك المخزنة لفترات قصيرة أو دون تخزين. وهذا يبرز أهمية تقليل مدة تخزين الأرز المطبوخ لتقليل التلوث الميكروبي.

أخيرا، يظهر تأثير طريقة الحفظ (مغطى أو مكشوف) فرقا معنويا قويًا أيضا (P = 0.00406)، حيث إن العينات المخزنة مكشوفة تحتوي بشكل ملحوظ على أعداد أكبر من المستعمرات (خاصة في الفئات 51-100 وما فوق)، مقارنة بتلك التي تم تغطيتها، مما يؤكد دور التغطية في الحد من التلوث البكتيري.

جدول (10): علاقة عدد المستعمرات بنوع الارز, المصدر, درجة الحرارة, مدة التخزين, مغطي او مكشوف.

		0	1-20	21-50	51-100	101-150	>150	قيمة الفروق المعنوية
نوع الارز	مصري	3	3	2	3	0	0	0.707681
	امريكي	0	1	0	1	1	1	
	فيتنامي	0	1	0	2	1	2	
	باكستاني	0	1	0	1	0	1	
	بسمتي	1	1	0	2	1	1	
المصدر	مطبخ منزلي	3	4	1	7	0	2	0.136495
	مطعم	1	3	1	1	3	3	
درجة الحرارة	4	3	4	0	1	1	0	0.042749
	25	1	3	2	8	2	5	
مدة التخزين	0	4	0	0	0	0	0	0.000139
	1-8	0	3	1	0	0	0	
	9-11	0	0	0	0	0	0	
	12-24	0	1	1	7	3	3	
	25-36	0	2	0	1	0	0	
	>36	0	1	0	1	0	2	
مغطي او مكشوف	مغطي	4	5	2	1	1	0	0.00406
	مكشوف	0	2	0	8	3	5	

علاقة نتيجة التسخين علي البكتريا من حيث موتها او بقائها ببعض المتغيرات:

تشير نتائج تحليل علاقة تأثير التسخين على البكتيريا (موتها أو بقائها) ببعض المتغيرات إلى ما يلي:

*الرائحة: هناك فرق معنوي واضح (P = 0.019045) بين عينات الأرز ذات الرائحة الطبيعية وغيرها من العينات. حيث لوحظ أن جميع العينات التي كانت رائحتها طبيعية ماتت البكتيريا فيها بعد التسخين (8 حالات موت مقابل 0 بقاء)، بينما في العينات ذات الرائحة الخفيفة، السيئة، والقوية كان هناك بقاء للبكتيريا بعد التسخين. هذا يشير إلى أن وجود رائحة غير طبيعية يعكس احتمالية وجود بكتيريا أكثر مقاومة أو أعداد أكبر من البكتيريا التي قد لا تقضي عليها عمليات التسخين بشكل كامل.

*المصدر: لم يلاحظ فرق معنوي بين عينات الأرز القادمة من المطابخ المنزلية والمطاعم (P = 0.68622)، حيث توزعت نتائج موت أو بقاء البكتيريا بشكل غير دال إحصائيًا. هذا يدل على أن مصدر الأرز لا يؤثر بشكل كبير على قدرة التسخين في قتل البكتيريا.

*درجة الحرارة: يوجد فرق معنوي (P = 0.040491) بين العينات المخزنة في الثلاجة (4 درجات مئوية) وتلك المخزنة في درجة حرارة الغرفة (25 درجة مئوية). العينات المخزنة في الثلاجة كان عدد البكتيريا الميتة فيها أكبر (7 حالات موت

مقابل حالة واحدة بقاء)، بينما العينات المخزنة في درجة حرارة الغرفة شهدت بقاء أكبر للبكتيريا. هذا يشير إلى أن التخزين في درجات حرارة منخفضة يجعل البكتيريا أكثر قابلية للموت عند التسخين، أو يقلل من تكاثر البكتيريا المقاومة.

*طريقة الحفظ (مغطى أو مكشوف): وجد فرق معنوي بين العينات المخزنة مغطاة وتلك المخزنة مكشوفة (P = 0.030148). العينات المغطاة شهدت نسبة أعلى من موت البكتيريا بعد التسخين (9 حالات موت مقابل حالتي بقاء)، في حين أن العينات المكشوفة كان لديها معدل أكبر لبقاء البكتيريا (7 حالات بقاء مقابل 4 موت). هذا يعزز أهمية التغطية في الحفاظ على جودة العينات وتقليل مقاومة البكتيريا للتسخين.

جدول (11): علاقة نتيجة التسخين علي البكتريا من حيث موتها او بقائها بالرائحة , المصدر, درجة الحرارة وكون الارز مغطي او مكشوف

		تموت	تبقي	قيمة الفروق المعنوية
الرائحة	طبيعية	8	0	0.019045
	خفيفة	3	4	
	سيئة	2	3	
	قوية	0	2	
المصدر	مطبخ منزلي	8	2	0.68622
	مطعم	5	7	
درجة الحرارة	4	7	1	0.040491
	25	6	8	
مغطى او مكشوف	مغطي	9	2	0.030148
	مكشوف	4	7	

المناقشة

تعد *Bacillus cereus*من البكتيريا الشائعة في الأغذية، وتتميز بقدرتها على تكوين أبواغ مقاومة للحرارة، مما يجعلها قادرة على النجاة في ظروف الطهي التقليدية، خاصة في الأطعمة النشوية مثل الأرز. أظهرت نتائج هذه الدراسة تبايناً ملحوظا في نمو*B. cereus* تبعا لاختلاف درجات حرارة التخزين ، وطبيعة الغطاء، ونوع المضافات، مما يعكس أهمية هذه العوامل في السيطرة على نمو هذا النوع من البكتيريا. ونظرا لاعتماد شريحة كبيرة من السكان على الأرز كغذاء رئيسي يومي، فإن دراسة مدى تلوثه بـ *Bacillus cereus*بعد الطهي والتخزين تعتبر ضرورية لضمان السلامة الغذائية والوقاية من الحالات المرضية المرتبطة بهذه البكتيريا. تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن وجود Bacillus cereus في الأرز المطبوخ المخزن في ظروف مختلفة من حيث درجة الحرارة، مدة التخزين، نوع الغطاء المستخدم، بالإضافة إلى دراسة تأثير إعادة تسخين الأرز على بقاء البكتيريا. وتهدف كذلك إلى تحديد العوامل التي تعزز أو تحد من نمو *B. cereus*، مما يوفر أساسا علميا لتوصيات وقائية في التعامل مع الأطعمة المطهية وتخزينها.

وقد وجدت هذه الدراسة ان نسبة التلوث في عينات الارز قد بلغت 86.7% وهذا يتفق مع ما ذكرته الدراسات السابقة حيث أظهرت نتائج دراسة تمت عام 2022 أن نسبة وجود بكتيريا *Bacillus cereus* في عينات الأرز النيء بلغت 50%، وهو ما يعكس معدل انتشار مرتفع لهذه البكتيريا في المواد الغذائية الأساسية مثل الأرز، ويعد مؤشرا مقلقا من منظور الصحة العامة وسلامة الغذاء، خاصة أن هذه البكتيريا قادرة على إفراز سموم قد تسبب التسمم الغذائي في الإنسان

((Albaridi, N., 2022 . وتتماشى هذه النتيجة مع ما توصل إليه **Yu وزملاؤه** في دراستهم المنشورة عام 2020، حيث أفادوا بأن 50% من عينات الأرز والمعكرونة التي قاموا بتحليلها كانت موجبة لبكتيريا *B. cereus*، مما يعزز من موثوقية النتائج التي تم التوصل إليها في الدراسة الحالية ويؤكد وجود نمط تكراري في انتشار هذه البكتيريا في المنتجات النشوية الجاهزة للاستهلاك (.Yu et al., 2020)

ومن الجدير بالذكر أن دراسات أخرى أظهرت نسب انتشار مختلفة، حيث وجد **Sidiqui وزملاؤه** (2019) أن نسبة وجود *B. cereus* في عينات الأرز التي قاموا بفحصها لم تتجاوز 25%، وهو ما يشير إلى تفاوت في معدلات التلوث بحسب مصدر العينة أو الظروف البيئية والتخزينية التي خضعت لها العينات ((Shaikh et al., 2019 . كذلك، أشار **Forero وزملاؤه** إلى نسبة أقل بكثير، إذ سجلوا وجود البكتيريا في 9% فقط من عينات الأرز، ما يُبرز أهمية العوامل المتغيرة مثل طرق الحصاد، التخزين، والتعبئة في تحديد معدلات التلوث البكتيري ((Forero et al., 2018 .

تعد مشتقات الأرز مثل الأرز المسلوق والمقلي بيئة غذائية مثالية لنمو الكائنات الدقيقة، وذلك بسبب تركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية التي توفر عناصر غذائية أساسية تدعم نمو البكتيريا، وعلى وجه الخصوص بكتيريا *Bacillus cereus*. حيث أثبتت الدراسات أن هذه البكتيريا قادرة على النمو في الأرز المجهز تحت ظروف حرارية مختلفة، وهو ما يجعل الأرز المطبوخ عرضةً للتلوث عند عدم تخزينه أو التعامل معه بالشكل الصحيح.

وبحسب ما أشار إليه **Rodrigo وزملاؤه (2021)**، فإن الأبواغ البكتيرية لـ *B. cereus* قادرة على البقاء حية تماما داخل الأرز المجفف لمدة قد تصل إلى 48 أسبوعًا على الأقل، دون أن تفقد قدرتها على النمو أو التسبب في العدوى. ويعد هذا الأمر ذا أهمية بالغة من ناحية سلامة الأغذية، حيث إن الأبواغ لا تتأثر بسهولة بعمليات التجفيف أو حتى الطهي البسيط، مما يتيح لها إمكانية الإنبات مجددا عند توفر الظروف المناسبة مثل الرطوبة ودرجة الحرارة.إلا أن الباحثين لاحظوا انخفاضا نسبيا في حيوية هذه الأبواغ عندما تم تخزين الأرز عند درجة حرارة مرتفعة تصل إلى 45 درجة مئوية وبنشاط مائي منخفض يبلغ حوالي 0.78، مما يشير إلى أن هناك ظروفا حرارية محددة قد تسهم في تقليل خطورة *B. cereus* إذا ما تم الالتزام بها بدقة) Rodrigo et al., 2021)

للسيطرة على ***Bacillus cereus*** يجب تقليل أو منع نمو البكتيريا بشكل مباشر، وذلك من خلال التحكم في الظروف التي تعزز تكاثرها. إذ تشير العديد من الدراسات إلى أن حالات الإصابة الناتجة عن *B. cereus* ترتبط بشكل وثيق بدرجة حرارة تخزين الطعام والزمن الذي يترك فيه الطعام مخزنًا قبل تقديمه أو إعادة تسخينه. فكلما طالت مدة التخزين في درجات حرارة غير مناسبة، زادت فرصة نمو هذه البكتيريا وتكاثرها بشكل كبير.

ومن بين أهم الاستراتيجيات الفعالة للحد من هذه المشكلة، هو **تخزين الأطعمة المحتوية على الأرز في درجات حرارة منخفضة تقل عن 4 درجات مئوية**، سواء من خلال التجميد أو التبريد المباشر. حيث تعمل درجات الحرارة المنخفضة على إبطاء العمليات الحيوية للبكتيريا، وبالتالي تقليل فرص نموها أو تكاثرها إلى مستويات خطيرة (Tessi et al., 2002).

كما تشير الأبحاث إلى أن عملية تبريد الأرز لا تقتل البكتيريا بشكل مباشر، ولكنها تؤثر على **الخصائص الديناميكية لنموها**، مثل إطالة فترة الكمون (lag phase) التي تحتاجها البكتيريا قبل بدء الانقسام، وزيادة زمن التضاعف (doubling time)، مما يحد من انتشارها ونشاطها خلال فترات التخزين البارد (Valeroe et al., 2000

Bacillus cereus الموجود في الأرز المطبوخ والمخزن في درجات حرارة دافئة لفترات زمنية معينة **لم يتم القضاء عليه**، ويعزى ذلك إلى قدرة الأبواغ (endospores) الحرارية المقاومة التي تنتجها هذه البكتيريا على **البقاء حية** في الظروف البيئية غير الملائمة، مثل الطهي والتسخين الجزئي. تعرف هذه الأبواغ بقدرتها على تحمل درجات حرارة الطهي

الشائعة دون أن تفقد حيويتها، حيث تدخل في حالة سكون مؤقت إلى أن تتوفر الظروف الملائمة للنمو، مثل درجة حرارة الغرفة أو درجات الحرارة الدافئة . (wang et al., 2014). إن **التلوث ببكتيريا *Bacillus cereus*** يعتمد بشكل كبير على **مدة تخزين الأرز المطبوخ**، حيث تزداد فرص نمو وتكاثر هذه البكتيريا بمرور الوقت، لا سيما عند ترك الأرز في ظروف تخزين غير مناسبة. ويُعد طول فترة التخزين عاملًا حاسما في تعزيز فرص التلوث، إلا أن **أثر هذه المدة يتباين حسب ظروف التخزين** المتبعة. فعلى سبيل المثال، تُظهر البيانات أن **تخزين الأرز في أوعية مغطاة (** محكمة الإغلاق) يقلل بشكل واضح من فرص تلوثه أو نمو الكائنات الدقيقة عليه، نظرًا لتقليل تعرضه للعوامل البيئية مثل الهواء والرطوبة والأتربة. في المقابل، فإن **تخزين الأرز وهو مكشوف** يزيد من احتمالية تلوثه بالبكتيريا الموجودة في البيئة المحيطة، وخاصة عند تركه في درجات حرارة الغرفة لفترات طويلة (Mohammadi et al., 2024).

الاستنتاج

تأثير نوع الأرز على نمو*Bacillus cereus*

أظهرت النتائج أن نوع الأرز (سواء المحلي أو المستورد) لا يشكل عاملا حاسما في تحديد مدى تلوث الأرز المطبوخ ببكتيريا *Bacillus cereus* بعد الطهي والتخزين. ويستنتج أن الخصائص البنيوية أو التركيبية لحبة الأرز وحدها لا تتحكم بشكل كبير في فرص نمو هذه البكتيريا، بل ترتبط العوامل البيئية بعد الطهي بدور أكبر.

أثر مصدر تحضير الأرز (منزل أم مطعم)

تشير البيانات إلى أن موقع إعداد الأرز (سواء في المنزل أو المطاعم) لا يؤدي إلى اختلافات ذات دلالة إحصائية في مستويات تلوث *B. cereus.* مما يدل على أن العوامل المرتبطة بطرق الطهي ودرجات النظافة ليست كافية وحدها لتفسير النمو البكتيري، بل يجب الأخذ بعين الاعتبار ظروف التخزين التالية للطهي.

درجة حرارة التخزين كعامل رئيسي في نمو البكتيريا

تظهر النتائج أن درجة الحرارة التي يحفظ بها الأرز بعد الطهي تؤثر بشكل كبير على نمو *B. cereus*، حيث أن التخزين في درجة حرارة الغرفة يعزز من تكاثر البكتيريا، بينما يعد التبريد المبكر من الإجراءات الفعالة في الحد من النمو البكتيري. لذا فإن السيطرة على درجة حرارة التخزين بعد الطهي تُعد خطوة ضرورية للوقاية.

أهمية مدة التخزين بعد الطهي

تؤكد الدراسة أن ترك الأرز المطبوخ لفترات طويلة دون تبريد مناسب يؤدي إلى تزايد خطر التلوث بـ *B. cereus*، خاصة عند امتداد الحفظ لعدة ساعات أو ليوم كامل. إذ أن مدة التخزين الطويلة تتيح وقتا كافيا لنمو الأبواغ البكتيرية وتحولها إلى خلايا نشطة قد تسبب التسمم الغذائي.

تأثير طريقة التخزين (مغطى أم مكشوف)

لوحظ أن تغطية الأرز بعد الطهي تقلل من فرص تلوثه بالبكتيريا، من خلال الحد من تعرضه للهواء الملوث بالجراثيم. أما حفظ الأرز مكشوفًا فيُعد من العوامل المساعدة لنمو *B. cereus*، حيث يسهل دخول الجراثيم من البيئة المحيطة.

تأثير إعادة التسخين على مستويات *Bacillus cereus*

تفيد النتائج أن إعادة تسخين الأرز المطبوخ لا تضمن دائما القضاء الكامل على *Bacillus cereus*، خاصة إذا تم التسخين بدرجات حرارة منخفضة أو لفترات قصيرة. في بعض الحالات، قد تقتل الحرارة الخلايا النشطة لكنها لا تؤثر على الأبواغ المقاومة، التي قد تنشط لاحقًا إذا ترك الأرز في درجة حرارة الغرفة. لذلك فإن التسخين غير الكافي قد يعطي إحساسا زائفا بالأمان الغذائي، ويجب أن يكون عند درجات حرارة عالية ولمدة مناسبة لضمان تقليل المخاطر.

علاقة التغير في الرائحة بنمو البكتيريا

لوحظ ارتباط بين ظهور رائحة غير طبيعية في الأرز المخزن ونمو*B. cereus* . حيث أن النشاط البكتيري المصاحب لتحلل المركبات العضوية يؤدي إلى انبعاث روائح كريهة، ما يجعل التغير في الرائحة مؤشرا حسيا محتملا على وجود التلوث، لكنه لا يعتبر مؤشرا دقيقًا ونهائيا لسلامة الغذاء.

تغيرات الرقم الهيدروجيني (pH) كمؤشر على النشاط البكتيري

أظهرت العينات المخزنة في ظروف غير مناسبة تغيرا في قيمة pH باتجاه بيئة أكثر قلوية، وهو ما يعكس النشاط الاستقلابي للبكتيريا. هذه التغيرات تعد مؤشراً كيميائيا غير مباشر على وجود وتكاثر *Bacillus cereus*، ويمكن اعتمادها كجزء من التقييم المعملي لمستوى التلوث.

التوصيات

1. **ضرورة تبريد الأرز المطبوخ مباشرة بعد الطهي**

يجب تجنب ترك الأرز في درجة حرارة الغرفة لفترات طويلة، ويوصى بتبريده خلال ساعة واحدة من الطهي لتقليل فرص تكاثر *B. cereus*.

2. **تخزين الأرز المطبوخ في درجات حرارة منخفضة (داخل الثلاجة(**

ينصح بوضع الأرز المطبوخ في الثلاجة عند درجة حرارة أقل من 5 درجات مئوية في حال عدم استهلاكه مباشرة، للحفاظ على سلامته ومنع نمو الأبواغ البكتيرية.

3. **الامتناع عن ترك الأرز مكشوفًا بعد الطهي**

يستحسن تغطية الأرز المطبوخ جيدا بعد الطهي أثناء التبريد أو التخزين، لتقليل فرص تلوثه بالجراثيم المحمولة جوا، خاصة في بيئات المطابخ المفتوحة.

4. **تحديد فترة صلاحية الأرز المطبوخ المخزن في الثلاجة**

يوصى بعدم استهلاك الأرز المطبوخ المخزن لأكثر من 24 ساعة، حتى مع التبريد، إذ أن الخطر البكتيري يزداد مع مرور الوقت حتى في ظروف حفظ مناسبة.

5. **إعادة التسخين بدرجات حرارة مرتفعة ولفترات كافية**

يجب أن يتم تسخين الأرز على درجة حرارة لا تقل عن 74 درجة مئوية لضمان القضاء على الخلايا النشطة للبكتيريا، ويفضل استخدام أجهزة تسخين موثوقة لضمان التوزيع الحراري الجيد.

6. **تجنب إعادة تسخين الأرز أكثر من مرة واحدة**

يمنع إعادة تسخين الأرز أكثر من مرة، لأن ذلك يزيد من فرصة تحفيز الأبواغ البكتيرية للنمو ويعرض المستهلك لخطر التسمم الغذائي.

7. **عدم الاعتماد فقط على الرائحة لتحديد صلاحية الأرز**

يحذر من اعتبار الرائحة الطبيعية أو غياب الرائحة الكريهة دليلاً كافياً على سلامة الأرز، لأن بعض العينات المصابة بـ *B. cereus*قد لا تظهر تغيّرات حسية واضحة.

8. **رفع الوعي لدى العاملين في المطاعم والمطابخ المنزلية حول مخاطر *Bacillus cereus***

ينصح بتوفير تدريب دوري للعاملين في إعداد الطعام حول أهمية التحكم بدرجة الحرارة، والتخزين الآمن، والممارسات الصحية لتفادي التسمم الغذائي الناتج عن الأرز المطبوخ.

9. **اعتماد مبدأ "التحضير حسب الحاجة" لتقليل التخزين**

يفضل تحضير الأرز بكميات مناسبة لعدد الوجبات اليومية لتقليل الحاجة إلى التخزين، مما يقلل فرص التلوث البكتيري.

10. **تشجيع الجهات الصحية على مراقبة معايير تخزين الطعام المطبوخ في المطاعم**

ينبغي للسلطات الصحية وضع تعليمات رقابية واضحة وملزمة للمطاعم والمقاصف فيما يخص حفظ وتخزين وتسخين الأطعمة النشوية مثل الأرز.

المصادر

- Abo-Kamer, A.M., Abd-El-salam, I.S., Mostafa, F.A., Mustafa, A.E.R.A. and Al-Madboly, L.A., 2023. A promising microbial α-amylase production, and purification from Bacillus cereus and its assessment as antibiofilm agent against Pseudomonas aeruginosa pathogen. Microbial Cell Factories, 22(1), p.141.
- Albaridi, N., 2022. Risk of Bacillus cereus contamination in cooked rice. Food Science and Technology, 42, p.e108221.
- Atwaa, E.S.H., Shahein, M.R., Radwan, H.A., Mohammed, N.S., Aloraini, M.A., Albezrah, N.K.A., Alharbi, M.A., Sayed, H.H., Daoud, M.A. and Elmahallawy, E.K., 2022. Antimicrobial activity of some plant extracts and their applications in homemade tomato paste and pasteurized cow milk as natural preservatives. Fermentation, 8(9), p.428.
- Bottone, E.J., 2010. Bacillus cereus, a volatile human pathogen. Clinical microbiology reviews, 23(2), pp.382-398.
- Carlin, F., 2011. Origin of bacterial spores contaminating foods. Food Microbiology, 28(2), pp.177-182.
- Dietrich R, Jessberger N, Ehling-Schulz M, Märtlbauer E, Granum PE. The Food Poisoning Toxins of Bacillus cereus. Toxins 2021, 13, 98 [Internet]. 2021

- Dubey, S., Sharma, N., Thakur, S., Patel, R. and Reddy, B.M., 2021. Bacillus cereus food poisoning in Indian perspective: A review. The Pharma Innovation Journal, 10(9), pp.970-975.
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2016. Risks for public health related to the presence of Bacillus cereus and other Bacillus spp. including Bacillus thuringiensis in foodstuffs. EFSA Journal, 14(7), p.e04524.
- Ehling-Schulz, M., Frenzel, E. and Gohar, M., 2015. Food–bacteria interplay: pathometabolism of emetic Bacillus cereus. Frontiers in microbiology, 6, p.704.
- Hassen, W.M., Vermette, J., Moteshareie, H., Tayabali, A.F. and Dubowski, J.J., 2023. Semi-automated water sampling module for repeated sampling and concentration of Bacillus cereus group spores. Scientific Reports, 13(1), p.831.
- Kubota, N., Kobayashi, J., Kasai, A., Nasuno, M., Murai, T., Minami, K. and Ohta, M., 2022. Detection of Bacillus cereus as a causative agent of emetic food poisoning by an unconventional culture procedure. Journal of Infection and Chemotherapy, 28(11), pp.1575-1577.
- Mohammadi, B., Reyes, M.E.P. and Smith, S.A., 2024. Survival, Growth, and Toxin Production of Bacillus cereus During Cooking and Storage of Fresh Rice Noodles. Journal of Food Protection, 87(3), p.100239.
- Oyetibo, O.B., Hutman, A. and Oni, E.O., 2022. Prevalence and characterisation of Bacillus cereus in cooked rice retailed in Ilara-mokin, Nigeria. Journal of Food Safety and Hygiene.
- Rodrigo, D., Rosell, C.M. and Martinez, A., 2021. Risk of Bacillus cereus in relation to rice and derivatives. Foods, 10(2), p.302.

- Senesi, S., Salvetti, S., Celandroni, F. and Ghelardi, E., 2010. Features of Bacillus cereus swarm cells. Research in microbiology, 161(9), pp.743-749.
- Tessi, M.A.; Arìngoli, E.E.; Pirovani, M.E.; Vincenzini, A.Z.; Sabbag, N.G.; Costa, S.C.; Garcia, C.C.; Zannier, M.S.; Silva, E.R.; Moguilevsky, M.A. Microbiological Quality and Safety of Ready-to-Eat Cooked foods from a centralized School Kitchen in Argentina. J. Food Proct. 2002, 65, 636–642.
- Valdez, M.I., Úbeda-Manzanaro, M., Narvaes, C., Rodrigo, D. and Martínez, A., 2022. Joint effect of temperature and insect chitosan on the heat resistance of Bacillus cereus spores in rice derivatives. Plos one, 17(9), p.e0268306.
- Valero, M.; Leontidis, S.; Fernández, P.; Martínez, A.; Salmerón, C. Growth of Bacillus cereus in natural and acidified carrot substrates over the temperature range 5–30 °C. Food Microbiol. 2000, 17, 605–612.
- Wang, J., Ding, T. and Oh, D.H., 2014. Effect of temperatures on the growth, toxin production, and heat resistance of Bacillus cereus in cooked rice. Foodborne Pathogens and Disease, 11(2), pp.133-137.
- Wang, Y., Liu, Y., Yang, S., Chen, Y., Liu, Y., Lu, D., Niu, H., Ren, F., Xu, A. and Dong, Q., 2024. Effect of temperature, pH, and aw on cereulide synthesis and regulator genes transcription with respect to bacillus cereus growth and cereulide production. Toxins, 16(1), p.32.
- Woh PY, Ng C. Bacillus cereus in rice: a review on food poisoning, antimicrobial resistance, and control measures. Tropical biomedicine. 2024;41(3):298-309.
- Yang, S., Wang, Y., Ren, F., Wang, X., Zhang, W., Pei, X. and Dong, Q., 2023. The sources of Bacillus cereus contamination and their association with cereulide production in dairy and cooked rice processing lines. Food Quality and Safety, 7, p.fyad023.
-Forero, A. Y., Galindo, M., & Morales, G. E. (2018). Isolation of Bacillus cereus in school restaurants in Colombia. Biomedica., 38(3), 338-344.
http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v38i3.3802 PMid: 30335239.
-Keith RS, Renée GS, Rachael S, Ploy K, Bruna B. Preventing Foodborne Illness: Bacillus cereus. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences. 2015:1-5.
-Navaneethan Y, Effarizah ME. Post-cooking growth and survival of Bacillus cereus spores in rice and their enzymatic activities leading to food spoilage potential. Foods. 2023 Feb 1;12(3):626.
-Osimani A, Aquilanti L, Clementi F. Bacillus cereus foodborne outbreaks in mass catering. International Journal of Hospitality Management. 2018 Jun 1;72:145-53.
-Shaikh, S.A., Sidiqui, A., Naz, S. and Ismat, S., 2019. Detection of food poisoning (Bacillus cereus) pathogen in cooked and refrigerated rice samples: food poisoning pathogen in refrigerated rice. Biological Sciences-PJSIR, 62(3), pp.172-177.
-Yu, S., Yu, P., Wang, J., Li, C., Guo, H., Liu, C., Kong, L., Yu, L., Wu, S., Lei, T. and Chen, M., 2020. A study on prevalence and characterization of Bacillus cereus in ready-to-eat foods in China. Frontiers in microbiology, 10, p.3043.