The Open European Journal for Research in Medical and Basic Sciences (OEJRMBS)
ISSN: 3062-3464
Volume 1, Issue 2, 2025, Pages: 28-35
Journal homepage:
https://easdjournals.com/index.php/oejrmbs/index

The Inhibitory Effect of Some Types of Apple Cider Vinegar on *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from Surgical Wounds

Rajaa Mohamed Abushwigir [1*], Munera Ahmed Shaban [2]
r.abushwigir@misuratau.edu.ly ✉
[1,2] Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Medical Technology, Misurata, Libya.

التأثير التثبيطي لبعض أنواع خل التفاح على بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*) المعزولة من جروح العمليات

رجاء محمد أبوشويقير [1*]، منيرة أحمد شعبان [2]
قسم تقنية الادوية، كلية التقنية الطبية مصراتة، ليبيا

Article history	Received	Accepted	Publishing
	22 April 2025	25 May 2025	28 **July** 2025

الملخص:
يُنتَج خلّ التفاح بشكلٍ أساسي من فاكهة التفاح، ويحتوي على مضادات الأكسدة مثل: الكاتشين(Catechin) ، والإبيكاتشين (Epicatechin)، والغاليك(Gallic) ، والكافيك(Caffeic) ، والكلوروجينيك(Chlorogenic acids) ، والتي تعمل على محاربة الجذور الحرة الضارة التي تؤدّي إلى الإجهاد التأكسدي في الجسم، مما يحافظ على صحة وسلامة الإنسان. كما يُسهم خلّ التفاح في تعزيز صحة القلب بعدة طرق، ويعمل على تقليل مستويات الكولسترول، ولِكونه مضادًّا حيويًّا طبيعيًّا فهو يعالج عدوى البكتيريا.
تم في هذه الدراسة اختبار فاعليته ودراسة تأثيره التثبيطي على بكتيريا Pseudomonas aeruginosa التي عُزلت وتمّ تشخيصها بصبغة غرام، وبالاختبارات الكيميحيوية مثل اختبار Catalase test وOxidase test، بالإضافة إلى إجراء اختبار الحساسية.
وقد تناولت الدراسة تأثيره التثبيطي على بكتيريا Pseudomonas aeruginosa المعزولة من جروح العمليات في مستشفى مصراتة، حيث تمّ التأكد من عزلها وإجراء الاختبارات الكيميحيوية اللازمة لها، والتي تضمنت Oxidase test واختبار الحساسية لتحديد الفاعلية التثبيطية لكلٍّ من خل التفاح الطبيعي والصناعي.
وأوضحت النتائج وجود فرقٍ في تركيز حمض الخليك (الأسيتيك) بين الخل الطبيعي (الليبي) والصناعي (التركي)، إذ كان الأخير ذا تركيزٍ أعلى. كما وُجد فرقٌ في قيمة pH بين الخل الطبيعي (الليبي) والصناعي (التركي) عند نفس درجة الحرارة، حيث كان الخل الصناعي ذا pH أعلى.
وتُظهر النتائج أنّ خلّ التفاح يمتلك تأثيرًا تثبيطيًّا واضحًا على بكتيريا Pseudomonas aeruginosa المعزولة من جروح العمليات، وأنّ زيادة تركيز حمض الخليك تؤدّي إلى زيادة الفاعلية التثبيطية على البكتيريا قيد الدراسة

الكلمات المفتاحية: بكتيريا Pseudomonas aeruginosa، خل التفاح الطبيعي، خل التفاح الصناعي.

ABSTRACT:
Apple cider vinegar (ACV) is primarily produced from apples and contains several antioxidants such as catechin, epicatechin, gallic, caffeic, and chlorogenic acids, which act against harmful free radicals responsible for oxidative stress in the body, thereby maintaining overall human health. It also promotes heart health through various mechanisms and helps reduce cholesterol levels. Moreover, due to its antibiotic properties, it can treat bacterial infections.
In this study, the inhibitory effect of apple cider vinegar was tested against Pseudomonas aeruginosa, a bacterium isolated and identified through Gram staining and biochemical tests, including the catalase test and oxidase test, as well as an antibiotic susceptibility test. The bacterial strains were isolated from post-surgical wound infections at Misurata Hospital, confirmed, and subjected to biochemical and inhibitory activity analyses using both natural (Libyan) and synthetic (Turkish) apple cider vinegars.

The results showed differences in the acetic acid concentration between the natural and synthetic vinegars, with the latter exhibiting a higher concentration. Similarly, there was a variation in pH values between the two types at the same temperature, where the synthetic vinegar had a higher pH. The findings revealed that apple cider vinegar has a noticeable inhibitory effect on Pseudomonas aeruginosa isolated from surgical wounds, and that the inhibitory efficiency increases proportionally with the acetic acid concentration..

Keywords: Pseudomonas aeruginosa, natural apple cider vinegar, synthetic apple cider vinegar.

1-المقدمة Introduction

الخلّ سائلٌ حامضيٌّ ينتج عن طريق عملية التخمير لأيّ مصدرٍ كربوهيدراتيٍّ قابلٍ للتخمّر (التفاح، الكمثرى، التمر، العنب، الشعير)، وله العديد من الاستخدامات، ابتداءً من إضافته كمذاقٍ للطعام إلى استعماله في العلاج (الطب الشعبي) منذ آلاف السنين[1]

كما يُعتبر الخلّ مضادًّا للميكروبات، فهو يُستخدم كطريقةٍ طبيعيةٍ لحفظ الأغذية، إذ يعمل على تثبيط نموّ الكائنات الحية الدقيقة المسبّبة لتعفّن الطعام (الخضروات، الفواكه). كما يُستخدم في عمليات التنظيف، وفي علاج العديد من الأمراض والإصابات مثل علاج فطريات الأظافر، والتهابات الأذن، والقضاء على قمل الرأس، والتقرحات، وتعقيم جروح العمليات، وتعقيم الحروق في الماضي [1]

ويتكوّن الخلّ أساسًا من حمض الأسيتيك(CH_3COOH) ، والماء، وبعض المواد الكيميائية الأخرى (بكمياتٍ ضئيلة) كالمنكّهات [1]

تكمُن ميكانيكية الخلّ في عمليات التعقيم (كمضادٍّ للعدوى) في احتوائه على الأحماض العضوية – وأهمّها حمض الخليك – التي تقوم بتدمير الغشاء الخلوي للبكتيريا، مما يؤثّر في درجة حرارتها ودرجة الحموضة (pH) لديها، كما يؤثّر في تركيز الحمض داخلها، وبالتالي في القوة الأيونية. وتكمن ميكانيكية الخلّ كمضادٍّ للأكسدة في احتوائه على الفيتامينات والمركّبات البوليفينولية، مما يساعد على الوقاية من خطر الإصابة بالسرطان[2]

سنستخدم في دراستنا الحالية خلَّ التفاح، الذي تكمن ميكانيكيته العلاجية كمضادٍّ للجراثيم (قاتلٍ للبكتيريا) لاحتوائه على حمض الأسيتيك (Acetic acid)، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والبروبيوتيك (Probiotics)، والإنزيمات؛ ولذلك يُعتبر مضادًّا حيويًّا طبيعيًّا [3]. وسنستخدمه لمعرفة تأثيره التثبيطي على بكتيريا Pseudomonas aeruginosa المنعزلة من جروح العمليات، وهي بكتيريا عصويّة الشكل ذات سوطٍ، لذا فهي متحرّكة وهوائيّة، كما أنّها سالبة لصبغة غرام، وموجبة لاختبار السترات. وتُعدّ من المسبّبات للعديد من الأمراض والالتهابات كأمراض نقص المناعة داخل المستشفيات، حيث تصيب الشعب الهوائية والمسالك البولية، وتسبّب التهابات الدم وغيرها، وتتكاثر في الحروق والجروح [4].

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات المحلية والعالمية تأثير الخل وخصوصًا خل التفاح على الكائنات الدقيقة الممرضة، لما يحتويه من أحماض عضوية ومركّبات بوليفينولية تُكسبه خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات. ومن أبرز هذه الدراسات، ما عرضه Solieri و [1] (2009) Giudiciاللذان أوضحا في مؤلفهما أن حمض الأسيتيك يُعدّ المكوّن النشط الأساسي في جميع أنواع الخل، وأن اختلاف مصدر الخل وطريقة تصنيعه يؤدي إلى تباين واضح في قدرته التثبيطية على الميكروبات، وهو ما يُشكل الخلفية الكيميائية لفهم آلية تأثير الخل الطبيعي والصناعي في الدراسات التطبيقية اللاحقة.

وفي دراسةٍ تحليلية أجراها Samad و Azlanو[2] (2016) Ismail، تمّت مراجعة التأثيرات العلاجية للخل ومكوناته النشطة، حيث أكد الباحثون أن الأحماض العضوية —وخاصة حمض الأسيتيك— لها قدرة عالية على إعاقة نمو الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض من خلال إضعاف الجدار الخلوي للبكتيريا وتغيير درجة الحموضة (pH) داخل الوسط الميكروبي. وقد دعمت هذه النتائج الفرضية القائلة بأن خل التفاح يمكن أن يعمل كمضاد ميكروبي طبيعي فعّال.

كما قدّمت [3] (2021) Martini مراجعة حديثة حول الاستخدامات الطبية لخل التفاح، بيّنت فيها أن لهذا الخل دورًا واضحًا في تثبيط نمو العديد من السلالات البكتيرية المقاومة للمضادات الحيوية، مؤكدةً أن فعاليته ترجع إلى مركبات الفينولات والأحماض العضوية. وتُعد هذه الدراسة من المراجع التي عززت الاتجاه نحو اختبار الخل كمطهر طبيعي آمن للاستخدام البشري.

وفي السياق ذاته، أوضح Bassetti وآخرون (2018) [4] في دراستهم حول كيفية التعامل مع عدوى Pseudomonas aeruginosaأن هذه البكتيريا تُعد من الأنواع المقاومة بشدة للمضادات الحيوية، وتحتاج إلى وسائل علاجية بديلة أو مكملة. وقد بيّنت نتائجهم أن مقاومة هذا النوع من البكتيريا تستدعي التوجه إلى حلول طبيعية مثل حمض الأسيتيك، وهو ما يتقاطع مع هدف الدراسة الحالية في البحث عن بدائل طبيعية للمضادات التقليدية.

أما Ali و Al-Dabbaghو [18] (2008) Alawiفقد أجروا دراسة تجريبية في العراق حول تأثير خل التفاح على التئام الجروح المصابة ببكتيريا .Pseudomonas aeruginosa استخدم الباحثون تراكيز مختلفة من الخل (2.5%، 3.75%، و5%)، وبيّنوا أن زيادة التركيز تؤدي إلى ارتفاع معدل التثبيط وانخفاض نمو البكتيريا بشكل ملحوظ، كما ساعد الخل في تسريع التئام الأنسجة الجرحية. وتُعد هذه النتائج ممهدة لما تم التوصل إليه في الدراسة الحالية من علاقة طردية بين تركيز حمض الخليك وقوة التأثير التثبيطي.

وفي دراسة أخرى أُجريت على مرضى بشريين، أوضح Al-Imam و [19] (2017) Al-Khalisyالإمكانات العلاجية لخل التفاح في التئام الجروح الملوثة بالبكتيريا، حيث أظهرت النتائج أن الخل له فاعلية عالية في تقليل العدوى وتسريع الترميم النسيجي، وأنه يحدّ من التلوث البكتيري ويقلل من ظهور الندوب. وتتماشى هذه النتائج مع التوجه البحثي الحالي في دعم استخدام خل التفاح كمطهر ومضاد للعدوى في بيئات المستشفيات.

أما Bjarnsholt وآخرون (2015) [20] فقد ركزوا على دراسة الخصائص المضادة لتكوين الأغشية الحيوية (Biofilms) التي تتشكل على الجروح المزمنة بفعل البكتيريا المقاومة مثل .Pseudomonas aeruginosa وخلصت نتائجهم إلى أن حمض الأسيتيك يمتلك قدرة فعالة على تفكيك الأغشية البكتيرية، مما يُعزز من استخدامه في تنظيف الجروح وتقليل فرص العدوى المزمنة.

وتدعم دراسة Maqbul وآخرون (2018) [22] هذه النتائج، إذ قارن الباحثون بين تأثير الأحماض العضوية، ولا سيما حمض الأسيتيك، وبين المضادات الحيوية التقليدية على سلالات Pseudomonas aeruginosa المعزولة من المستشفيات، وتبين أن الأحماض العضوية كانت أكثر فاعلية من المضادات القياسية في تثبيط نمو البكتيريا المقاومة، مما يؤكد القيمة التطبيقية لاستخدام الخل كمضاد ميكروبي طبيعي.
كما تناولت دراسة AL-Salihi (2019) [23] النشاط المضاد للبكتيريا لبعض المنظفات والمعقمات، وبيّنت أن حمض الأسيتيك يُعد من أكثر المواد فعالية في القضاء على البكتيريا الممرضة، موصيةً باستخدامه كمطهر طبيعي آمن في الاستخدامات الطبية والمنزلية على حد سواء.
وفي دراسة داعمة أخرى، قدم Carson وآخرون (2017) [26] بيانات مخبرية تؤكد إمكانية توظيف الخل كمضاد ميكروبي لعلاج الالتهابات الموضعية الناجمة عنPseudomonas aeruginosa ، حيث أوضحت التجارب أن حمض الأسيتيك يثبط نمو البكتيريا بنسبة عالية عند تراكيز مناسبة، مما يعزز من قابلية استخدامه في التطبيقات الطبية الوقائية والعلاجية.

من خلال مراجعة هذه الدراسات، يتضح أن معظم الباحثين أجمعوا على أن حمض الأسيتيك، وهو المكوّن الرئيسي في خل التفاح، يُعد عاملًا مثبطًا فعالًا ضد بكتيريا Pseudomonas aeruginosa، وأن فعاليته ترتبط ارتباطًا وثيقًا بتركيزه ونوع مصدر الخل المستخدم. كما أكدت الدراسات أن للخل الطبيعي تأثيرات دوائية ومطهّرة يمكن أن تُستثمر في المجال الطبي لعلاج الجروح وتقليل العدوى البكتيرية المقاومة. وتأتي هذه الدراسة لتضيف دليلاً تجريبيًا جديدًا من البيئة الليبية، من خلال مقارنة التأثير التثبيطي لكل من خل التفاح الطبيعي (الليبي) والخل الصناعي (التركي) على عزلات Pseudomonas aeruginosa من جروح العمليات الجراحية، مبرزةً العلاقة بين تركيز حمض الأسيتيك وفاعلية التثبيط البكتيري.

2- الجزء العملي Eexperimental Part

تمَّ استعمال العديد من المواد والأدوات في دراستنا، وتشمل ما يلي:
مادة هيدروكسيد الصوديوم(NaOH) ، وماء مقطّر، وخلًّا طبيعيًّا، وخلًّا صناعيًّا، ودليل الفينولفثالين(P.H.P) ، وبكتيريا معزولة من جروح العمليات، وورق ترشيح، وميزانًا حساسًا، ودورقًا، وأعواد قطنية(Cotton swab) ، وأطباق بتري(Petri dishes) ، وثلاجة، وحاضنة، ووسطًا غذائيًّا(Muller Hinton agar) ، وجهاز قياس الأس الهيدروجيني(pH Meter) ، ومسطرة قياس، إضافةً إلى المضادّ الحيوي **Ceftazidime (Oxoid, UK)**

جمع العينات البكتيرية :تم جمع هذه العينات من مستشفى الطوارئ والتي يبلغ عددها (10 عينات) ،أخذت من جروح العمليات ، حيث تم تشخيصها بواسطة صبغة جرام واجراء اختبار oxidase ، واختبار Catalase للتأكد من كونها بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*).

الاختبارات الكيموحيوية :

Catalase test :هو اختبار سريع لمعرفة اذا كانت البكتيريا تمتلك انزيم الكتاليز ام لا ويتم بأخذ كمية بسيطة من محلول hydrogen peroxide ووضعها علي شريحة زجاجية , يتم وضع عليها حملة لوب من البكتيريا المراد فحصها , اذا تم ظهور فقاعات catalase v + , عدم ظهورها catalase- v

Oxidase test : عبارة عن اختبار يستخدم لتحديد اذا البكتيريا تفرز انزيم اوكسيديز , يتم استخدام الكاشف p.pheny lenedimine الكاشف يكون ازرق غامق الى قرمزي عندما تتم الأكسدة , ولا يوجد لون عندما لا تتم الأكسدة , تعتبر بكتيريا . *P .aeruginosa* موجبة لإختبار الأوكسيديز حيث تعطي اللون البنفسجي للأقراص المشبعة بالكاشف .

و لتقدير نسبة حامض الخليك في الخل الطبيعي والصناعي نقوم بالتالي [23]:

تم أخذ الخل الطبيعي من عطار للأعشاب والمواد الطبية الطبيعية , والخل الصناعي تم أخذه من الأسواق التجارية .

نستعمل طريقة المعايرة لتقدير حمض الخليك في الخل الطبيعي والصناعي .

تحضير محلول معياري من هيدروكسيل الصوديوم (Na OH) ذلك بوجود مادة (p.h.p) دليل الفينوفنتالين وهي إختصار لي (potassium hydrogen phtholote), نقوم بوزن 14 جرام من (Na OH) , حيث يتم بوضع ورقة ترشيح نظيفة علي ميزان حساس مصفر ثم نزن لنصل للوزن المطلوب , كما نقوم بقياس (1لتر) من الماء المقطر في دورق مدرج .

نقوم بإذابة Na OH في لتر من الماء المقطر حيث تتم إضافة الماء المقطر علي دفعات .

يتم وزن 24 جرام من (p.h.p) , ثم نقيس 100 ml من الماء المقطر والذي تتم إذابة 24 جرام من (p.h.p) فيه

قانون العيارية المستخدمة في الإختبار :

(الوزن (wt) ÷ الوزن الجزئي (Mwt)) ×(1000 ÷ الحجم (v)) .

يتم وضع (10 ml) من محلول (p.h.p) في دورق زجاجي ويتم الإضافة عليه من قطرة إلي قطرتين من دليل الفينوفنتالين والتير سحبت مع هيدروكسيد الصوديوم إلى أن وصلت إلى نقطة التعادل إذا كان الحجم المطلوب (13.4) بذلك نحضر محلول عياري من هيدروكسيد الصوديوم تبعا للمعادلة الأتية :

$$(V1 \times M1) = (V\ 2 \times M\ 2)$$
$$(Na\ oH) = (p.h.p)$$
$$(13.4 \times M1) = (10 \times 0.1)$$

M1 تركيز هيدروكسيد الصوديوم هو 0.074 ml/l .

تحديد نسبة حمض الخليك في كل من الخل الطبيعي والصناعي من خلال المعايرة مع هيدروكسيد الصوديوم , حيث نقوم بأخذ (10ml)من الخل الصناعي ونضيف عليها قطرتين من الدليل و لهيدروكسيد الصوديوم , كما نقوم بأخذ (10ml)من الخل الطبيعي ونضيف عليها قطرتين من الدليل , هيدروكسيد الصوديوم ونسجل حجم المستهلك من

$$(v\ 1 \times N\ 1) = (V2 \times N2)$$
$$(Na\ oH) = (\text{الخل الطبيعي } ch3cooh)$$

$$(0.074 \times 38.3) = (10 \times N2)$$

نسبة حمض الخليك في الخل الطبيعي ml/l0.28 .

وتتم بنفس الطريقة تحديد نسبة حمض الخليك في الخل الصناعي .

$$(v\ 1 \times N\ 1) = (V2 \times N2)$$
$$(Na\ oH) = (\text{الخل الصناعي } ch3cooh)$$

$$(0.074 \times 76.6) = (10 \times N2)$$

نسبة حمض الخليك في الخل الصناعي ml/l0.56 .

حيث أنه كلما يتم إستهلاك حجم أكثر يكون التركيز أعلى .

تم حساب ph للخل الطبيعي والخل الصناعي بإستخدام (ph Meter) , حيث أن ph للخل الطبيعي5.35 في درجة حراره c 25.0 , أما ph الخل الصناعي في نفس درجة الحرارة هو 5.25 .

إختبار الحساسية (الفاعلية التثبيطية لخل التفاح الطبيعي والصناعي):

لتقدير الفاعلية التثبيطية لخل التفاح الطبيعي والصناعي لنمو البكتيريا بإستخدام طريقة إنتشار القرص[23] .

يتم إستعمال أوراق ترشيح تم خرمها معقمه 4 أوراق فوق بعض والتي تم وضع 5 ميكرو لتر عليها مجموعه من خل الطبيعي وأخرى من الصناعي , من ثم يتم زرع البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* المعزولة من جروح العمليات علي Mullar Hinton agar ووضع علي كل طبق ورق ترشيح مشبع واحده من الخل الطبيعي والأخرى من الصناعي مع وضع كنترول في طبق مقابل يحوي مضاد حيوي Cefatoxim بتركيز 10 **µg**, من ثم توضع الأطباق في الحاضنة لمدة 24 ساعة .

تتم بعد 24 ساعة الكشف على نمو البكتيريا ومعرفة هل نمت أو لا حول أوراق الترشيح ومعرفة قطر الهالة الخالية من البكتيريا حول ورق الترشيح وتحديد قياسها بالمسطرة لمقارنتها بالكونترول Cefatoxim وتحديد من يقضي على نمو البكتيريا أكثر الخل الطبيعي أو الصناعي .

3- النتائج Result

أوضحت دراستنا حول معرفة التأثير التثبيطي لبعض أنواع خل التفاح على بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*) المعزولة من جروح العمليات،

ومعرفة الفرق بين تركيز حمض الخليك (الأسيتيك) في الخل الطبيعي والصناعي و معرفة ph عند كل منهما , العديد من النتائج

.حيث شملت الدراسة (10 عينات) من بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*) تم تشخيصها باختبار oxidase و التي أعطت نتائج موجبة لإختبار كما في الشكل (1).

في الجدول (1) نتائج الاختبارات الكيموحيوية والذي يشمل إختبارات البكتيريا لصبغة جرام , واختبار الكتاليز اختبار الحساسية, واختبار الأوكسديز oxidase test علي بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*).

الجدول 1. نتائج لنسبة حمض الخليك ودرجة الحموضه (*ph*).

البكتيريا	إختبار صيغة غرام	إختبار الكتاليز	إختبار الأوكسيديز
pseudomonas aeruginosa	- (سالبه للصبغة)	+ (موجبة للإختبار)	+ (موجبة للإختبار)

في الجدول التالي (2) يوضح نتائج لنسبة حمض الخليك ودرجة الحموضه (ph) لأنواع الخل المستخدمة في دراستنا .

الجدول 2. نتائج تركيز و ph حمض الخليك المستخدم في الدراسة.

أنواع الخل	تركيز حمض الخليك (ml/l)	درجة الحموضه (ph)
خل التفاح الطبيعي (الليبي)	ml/l0.28	5.35 في درجة حراره 25.0 c
خل التفاح الصناعي(التركي)	ml/l0.56	5.25 في درجة حراره 25.0 c

في الجدول التالي (3) نتائج قياس إختبار الحساسية (الفاعلية التثبيطية لأنواع خل التفاح المستخدمة في دراستنا علي بكتيريا (*pseudomonas aeruginosa*) حيث تم قياس الهالة حول ورق الترشيح المشبع بالخل بالمسطرة حيث كان القياس كالجدول الاتي:

جدول 3. نتائج اختبار الحساسية للخل الطبيعي والصناعي

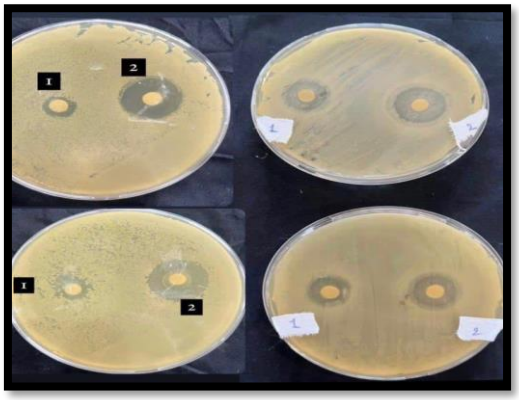
عدد العينات	الخل الطبيعي (1)	الخل الصناعي (2)	Ceftazidime (CAZ) بتركيز 10 µg.
1	12mm	23mm	13mm
2	11mm	22mm	R
3	15mm	18mm	R
4	0	15mm	R
5	20mm	25 mm	15
6	R	22 mm	R
7	10mm	19mm	R
8	10mm	20mm	R
9	R	15mm	R
10	12mm	18mm	14mm

في الجدول (4) يوضح نسبة نتائج إختبار الحساسية (الفاعلية التثبيطية لأنواع خل التفاح المستخدمة في دراستنا على بكتيريا (*pseudomonas aeruginosa*)لأنواع الخل المستخدمة في الدراسة مقارنة بالمضاد CAZ .

جدول 4. يوضح النسبة المئوية لاختبار الحساسية لأنواع الخل المستخدم

نوع الخل	العدد	النسبة
الخل الطبيعي	(9)	%31
الخل الصناعي	(19.7)	%69

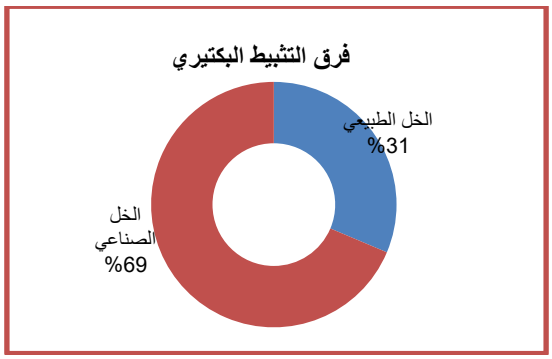
الفرق النسبي بين الخل الطبيعي والصناعي في التأثير (تثبيط نموها)على البكتيريا حيث أتضح أن أكثر تأثير كان لخل التفاح الصناعي والذي تبلغ نسبته 69% مقارنة بالخل الطبيعي الذي تبلغ نسبته 31% ، والشكل(2) يوضح ذلك



شكل (2) يوضح تأثير اختبار الحساسية حيث يرمز(1 للخل الطبيعي)،(2 للخل الصناعي)

شكل (3) يوضح الطبق الذي يحتوي على مضاد CAZ 10 **µg**

تم توضيح إحصائيا وجود فرق معنوية ما بين المجموعتين (الخل الطبيعي 1, الخل الصناعي 2) وذلك في متوسط قياس قطر العينات العشرة، والذي كان أكبر من (P-value≥0.05)، فالفرق كان 2.793
في الشكل التالي (4) سنوضح النسبة المئوية لنتائج إختبار الحساسية الفاعلية التثبيطية لأنواع خل التفاح المستخدمة في دراستنا على بكتيريا (*pseudomonas aeruginosa*) لأنواع الخل المستخدمة في الدراسة :



الشكل 4. النسبة المئوية لنتائج اختبار الحساسية.

4- المناقشة *Discussion*

شملت دراستنا الحالية العديد من النتائج حول معرفة التأثير التثبيطي لبعض أنواع خل التفاح علي بكتيريا (*Pseudomonas aeruginosa*) المعزولة من جروح العمليات , ومعرفة الفرق بين تركيز حمض الخليك (الأسيتيك) في الخل الطبيعي (الليبي) و

الصناعي(الطبيعي التركي) و معرفة ph عند كل منهما , حيث شملت الدراسة (10 عينات بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* معزولة من جروح العمليات) حيث تم إجراء العديد من الاختبارات الكيموحيوية لتشخيص بكتيريا(*Pseudomonas aeruginosa*) والتي تم الحصول عليها من مختبرات مصراته والتي تم بالأساس عزلها من جروح العمليات , حيث كانت نسبة حمض الخليك لأنواع الخل المستخدمة في الدراسة هي 0.28 ml/l لخل التفاح الطبيعي (الليبي) 5.35 وكان معدل الحموضة له في درجة حراره 25.0 c , وكانت نسبة حمض الخليك لخل التفاح الصناعي(التركي) 0.56 ml/l ومعدل حموضة5.25 في درجة حراره 25.0 c, حيث أظهرت الدراسة [18] تراكيز متفاوته لتراكيز دراستنا والتي تمثلت في خل التفاح 5٪ ، 3.75٪ ، 2.5٪ على التوالي لكن تم استعمالها في دراسته لعلاج جروح , كم تم توضيح في دراستنا الفاعلية التثبيطية لأنواع خل التفاح المستخدمة علي بكتيريا *pseudomonas aeruginosa* حيث تم توضيح دوره التثبيطي الفعال ضد البكتيريا , ولكن الدور الفعال يختلف علي حسب تركيز حمض الخليك بالخل فالخل الصناعي (التركي) المستخدم في دراستنا تركيزه أعلى من تركيز الخل الطبيعي (الليبي)لذلك فهو له تأثير تثبيطي فعال أقوى ضد بكتيريا *pseudomonas aeruginosa* , كما أوضحت العديد من الدراسات الأخرى الدور التثبيطي الفعال ضد البكتيريا*pseudomonas aeruginosa* , كدراسة التي أوضحت دور خل التفاح في علاج الجروح المصابة ببكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* [18] , وكذلك هذا ما أوضحته دراسة [19]حيث أشارت في نتائجها أن لخل التفاح قوة علاجية عالية في التئام الجروح الملوثة *Pseudomonas aeruginosa* ، وأنه يعمل علي تسريع التئام الجروح, كما يعمل على الحد من تلوث الجروح والعدوى , وله تأثير علي الجروح مما يقلل من الندوب أو يخفيها , كذلك أوضحت دراسة [20] أن حمض الخليك يُعرف بتأثيره المضاد للميكروبات على البكتيريا , و أنه تم إستعماله في علاج الجروح المزمنة, كما بينت دراسة [22] مدى حساسية سلالات *Pseudomonas aeruginosa* المعزولة من المرضى الذين يعانون من عدوى المستشفيات إلى المضادات الحيوية الكيميائية الاصطناعية القياسية و الأحماض العضوية (المشتقة من المنتجات المحلية حمض الأستيك (الخل)) والتي أشارت بنتائجها أن الأحماض العضوية أكثر فاعلية ضد *P. aeruginosa* من المضادات الحيوية الاصطناعية القياسية ,كما أشارت دراسة [23] مبينة تأثير حمض الخليك وعلاقته بتركيزه ضد بكتيريا *pseudomonas aeruginosa* والتي أوضحت علي التوالي أن بيروكسيد الهيدروجين عند 3٪ له تأثير قوي يتبع خل التفاح المطلق و 5٪ اليود, كما أشارت نتائج دراستنا أن الفرق التثبيطي لأنواع الخل ضد بكتيريا *Peudomonas aeruginosa* الخل الطبيعي31% , بينما الخل الصناعي69% والفرق يرجع لإختلاف تركيز حمض الخليك بينهما وهذا يتفق مع ما توصلت له الدراسة [26] حيث أوضحت أن حمض الخليك له تأثير فعال على بكتيريا *Peudomonas aeruginosa* .

التوصيـــات*(Recommendations)*

في ضوء ما توصلت إليه الدراسة من نتائج علمية حول الفاعلية التثبيطية لأنواع خل التفاح على بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*، وما أظهرته التحاليل من اختلافات واضحة في تركيز حمض الخليك بين الخل الطبيعي والخل الصناعي، فإن الباحثتين توصيـــان بما يلي:

1. **تشجيع استخدام خل التفاح الطبيعي كمطهر آمن للجروح البسيطة**، وذلك لما يمتاز به من خصائص مضادة للبكتيريا، مع ضرورة التأكد من مصدره وجودته قبل الاستخدام.
2. **إجراء دراسات موسعة على أنواع مختلفة من الخل** (خل التمر، العنب، التين، إلخ) لمقارنة تأثيرها التثبيطي ضد أنواع أخرى من البكتيريا المرضية، لتحديد النوع الأكثر فعالية وأمانًا للاستخدام الطبي.
3. **تطبيق تجارب مستقبلية باستخدام تراكيز متعددة من حمض الأسيتيك** لتحديد التركيز الأدق والأمثل الذي يحقق أعلى فاعلية تثبيطية دون التأثير السلبي على الأنسجة الحية.
4. **إجراء دراسات سريرية أو شبه سريرية** لتقييم تأثير الخل على التئام الجروح لدى الإنسان، تحت إشراف طبي، لتأكيد النتائج المخبرية الحالية وتطبيقها عمليًا في مجال الطب الوقائي.
5. **تحليل المكونات الكيميائية الدقيقة للخل الطبيعي والصناعي** باستخدام تقنيات تحليل متقدمة مثل *(GC-MS* أو *HPLC)* ، لمعرفة المركّبات النشطة المسؤولة عن الفاعلية التثبيطية ومقارنتها كيميائيًا.
6. **الاستفادة من خل التفاح في تطوير منتجات طبية طبيعية** مثل المراهم أو المطهرات أو الضمادات المعقمة، تكون مستخلصة من الخل الطبيعي وتستعمل في تطهير الجروح أو تعقيم الأدوات الطبية.
7. **إدراج موضوع "البدائل الطبيعية للمضادات الحيوية" في المناهج التطبيقية** بكليات التقنية الطبية والصيدلة والعلوم، لتوسيع وعي الطلبة والباحثين بأهمية الحلول الطبيعية في مقاومة البكتيريا المقاومة.
8. **التوصية بإجراء دراسات مقارنة بين الخل المحلي والمستورد** من حيث جودة الإنتاج، درجة الحموضة، وثبات الفاعلية الحيوية بمرور الوقت، لتشجيع تصنيع خل طبي محلي بمعايير قياسية معتمدة.
9. **ضرورة نشر الوعي الصحي المجتمعي** حول مخاطر الاستخدام العشوائي للمضادات الحيوية، ودور المواد الطبيعية – ومنها خل التفاح – كوسيلة مساعدة في الحد من مقاومة البكتيريا للأدوية.
10. **اقتراح إنشاء قاعدة بيانات وطنية** في ليبيا تُجمع فيها نتائج الدراسات المحلية حول المركّبات الطبيعية المضادة للبكتيريا، لتكون مرجعًا للباحثين وصانعي القرار في القطاع الصحي.

المراجع References

1-Solieri, L., & Giudici, P. (2009). Vinegars of the World (pp. 1-16). Springer Milan.

2-Samad, A., Azlan, A., & Ismail, A. (2016). Therapeutic effects of vinegar: a review. Current Opinion in Food Science, 8, 56-61.

3-Martini, N. (2021). Apple cider vinegar. Journal of Primary Health Care, 13(2), 191-192.

4- Bassetti, M., Vena, A., Croxatto, A., Righi, E., & Guery, B. (2018). How to manage *Pseudomonas aeruginosa* infections. Drugs in context, *7*

18- Ali, T. S., Al-Dabbagh, S. Y., & Alawi, A. H. (2008). Effect of apple cider vinegar on the healing of experimentally-induced wounds infected with Pseudomonas aeruginosa. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, *22*(1).

19- Al-Imam, D. A., & Al-Khalisy, D. R. M. A. A. N.(2017). The Potentials Of Apple Vinegar For Use In Regenerative Medicine And Cutaneous Wound Healing: A Quasi-Experiment On Iraqi Patients.

20- Bjarnsholt, T., Alhede, M., Jensen, P. Ø., Nielsen, A. K., Johansen, H. K., Homøe, P., ... & Kirketerp-Møller, K. (2015). Antibiofilm properties of acetic acid. *Advances in wound care*, *4*(7), 363-372.

22-Maqbul, M. S., Alshabi, A. M., Khan, A. A., Iqubal, S. S., Mohammed, T., Shaikh, I. A., ... & Singh, S. K. (2018). Comparison of e-test Values for Standard Antibiotics and Conventional Antimicrobial Assay Values for Ethanoic Acids against Nosocomial Multidrug-resistant Pseudomonas aeruginosa, J. Pure Appl. Microbiol., 2020; 14 (1): 255-260.

23- AL-Salihi, S. S. (2019). Antibacterial Activity of Some Disinfectants and Detergents on some pathogenic bacteria. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 11(2), 590-597.

26- Carson, C. F., Ash, O., & Chakera, A. (2017). In vitro data support the investigation of vinegar as an antimicrobial agent for PD-associated Pseudomonas exit site infections. *Nephrology*, *22*(2), 179-181.