مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية المجلد: (40) العدد: 4 (2024) الصفحات: (121-132)

تحديد المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة للقهوة في الزجاج ودراسة بعض العوامل المؤثرة

ديمة قحطان الدياب[1]*

*1 أستاذ مساعد في قسم الكيمياء التحليلية والغذائية – كلية الصيدلة– جامعة تشرين– اللاذقية– سوريا.
dimaaldyab@tishreen.edu.sy

الملخص:

تعد القهوة من أكثر المشروبات المنتشرة عالمياً بسبب نكهتها وطعمها المميز وتمتلك العديد من التأثيرات المفيدة للصحة والتي تعزى إلى محتواها من المواد الفينولية. يمكن أن يتغير تركيب القهوة الكيميائي تبعاً لنوع القهوة ومنشأها إضافة لشروط تحميصها وطريقة تحضيرها مما يغير بالتالي من محتواها من المركبات الفعالة حيوياً. يهدف هذا البحث إلى تحديد المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة لعدة أنواع من القهوة المتوفرة في السوق المحلية، كما يهدف لدراسة تاثير بعض العوامل في محتواها الفينولي وفعاليتها المضادة للأكسدة مثل المنشأ ودرجة التحميص إضافة إلى زمن الغلي أثناء تحضير مشروب القهوة.

تراوح المحتوى الفينولي في عينات القهوة المدروسة بين 1.91 ± 0.12 و 7.09 ± 0.5ملغ / GAEمل مشروب قهوة، بينما تراوحت الفعالية المضادة للأكسدة بين16.63 ± 1.11 و 64.63 ± 5.21 ميكرومول / Fe+2مل مشروب قهوة.

ازدادت الفعالية المضادة للأكسدة بازدياد المحتوى الفينولي وكانت القهوة البرازيلية ذات محتوى فينولي وفعالية مضادة للأكسدة (4.91± 0.480 ملغ / GAEمل، 43.58±13.26 ميكرومول / Fe+2مل) أعلى من القهوة الهندية (3.6 ± 0.234 ملغ / GAEمل، 28.64±5.24 ميكرومول / Fe+2مل). وجدت الدراسة أن المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة تنقص بازدياد تحميص القهوة كما تنقص بازدياد المعالجة الحرارية أثناء تحضير مشروب القهوة.

الكلمات المفتاحية: القهوة، المحتوى الفينولي، الفعالية المضادة للأكسدة، درجة التحميص

تاريخ الإيداع:2024/5/20 تاريخ القبول: 2024/7/2

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN: 2789-7214 (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Determination of Phenolic Content and In-Vitro Antioxidant Activity of Coffee and Study of Some Affecting Factors

Dima Kahtan Adiab[1]*

1*Associate Professor in Analytical and Food Chemistry Department, Faculty of Pharmacy-Tishreen University, Latakia, Syria. dyabdima@yahoo.com dimaaldyab@tishreen.edu.sy

Abstract:

Coffee is one of the most popular beverages in the world due to its distinctive flavor and taste. Coffee has many beneficial effects on health that are attributed to its phenolic content. The chemical composition of coffee could change depending on the type and origin of coffee, as well as depending on its roasting conditions and preparation method, which consequently changes coffee content of bioactive compounds. This research aims to determine the phenolic content and antioxidant activity of several kinds of coffee available in the local market. It also aims to study the effect of some factors on the coffee phenolic content and antioxidant activity, such as the origin and the degree of roasting, in addition to the boiling time during the preparation of coffee drink.

The phenolic content in the studied coffee samples ranged between 1.91 ± 0.12 and 7.09 ± 0.5 mg GAE/ml coffee drink, while the antioxidant activity ranged between 16.63 ± 1.11 and 64.63 ± 5.21 µmol Fe+2/ml coffee drink. The antioxidant activity increased with increasing phenolic content, the Brazilian coffee had a higher phenolic content and antioxidant activity (4.91 ± 0.480 mg GAE/ml, 43.58 ± 13.26 µmolFe+2/ml) compared to Indian coffee (3.6 ± 0.234 mg GAE/ml, 28.64 ± 5.24 µmol Fe+2/ml). The study found that the phenolic content and antioxidant activity decreased by increasing coffee roasting as well as by increasing heat treatment during the preparation of coffee drink.

Key Words: Coffee, Phenolic Content, Antioxidant Activity, Roasting Degree.

Submitted: 20/5/2024 Accepted:2/7/2024

Copyright: Damascus University Syria.
The authors retain copyright under CC BY-NC-SA

المقدمة:

تعد القهوة من أكثر المشروبات المنتشرة عالمياً بسبب نكهتها وطعمها المرغوب مما يجعلها مشروباً مميزاً وأكثر منتج غذائي متداول تجارياً إذ وصل الإنتاج إلى 8.1 مليون طن في 2010 (ICO, 2011)، أي ما يعادل أكثر من 500 بليون فنجان. يعود التزايد المستمر لاستهلاك القهوة إلى وجود عدة أنواع منها إضافة إلى تحسن الزراعة وتغير الصورة المأخوذة عن القهوة من خلال إظهار منافعها على المدى الطويل، إذ تعتبر القهوة اليوم غذاءً وظيفياً ذا محتوى عالي من المركبات الفعالة حيوياً مما يجعلها تمتلك العديد من الخصائص البيولوجية المفيدة مثل خفض خطر مرض السكري من النمط الثاني (Agardh *et al.*, 2004)، وأمراض باركنسون والألزهايمر (Lindsay *et al.*, 2002) وسرطان الكبد (Larsson and Wolk, 2007). عزيت تأثيرات القهوة البيولوجية في كثير من الأحيان إلى محتواها من المواد الفينولية والتي تشكل مجموعة كبيرة من المركبات تشترك فيما بينها بوجود حلقة عطرية ببنيتها الكيميائية متصلة مباشرة إلى مجموعة هيدروكسيل أو أكثر (Vermerris and Nicholson., 2006) . تعرف المواد الفينولية بقدرتها على إنقاص خطر بعض الأمراض مثل التهاب الكبد C، الأمراض القلبية الوعائية والداء السكري (Alam *et al.*, 2018) إضافة إلى السرطان واالأمراض العصبية التنكسية وغيرها.

يوجد عدة أنواع من القهوة إلا ان الأهمية الاقتصادية تعود إلى نوعين فقط وهما Coffee Arabica ويدعى البن العربي الذي يشكل 70% من القهوة المسوقة عالمياً، النوع الثاني هو بن روبوستا Robusta coffee ويشكل الباقي من القهوة المسوقة عالمياً. يختلف البن العربي عن بن روبوستا في عدة نواح كالمناخ الملائم للنمو، والمظهر الفيزيائي، والتركيب الكيميائي، والخصائص المتعلقة بطريقة التحضير للقهوة المحمصة المطحونة لكل منهم (Alsubot and Aldiab, 2019). تتركب بذور القهوة بشكل أساسي من الماء، والكربوهيدرات، والألياف، والبروتينات، والحموض الأمينية الحرة، والمواد الدسمة، والمعادن، والحموض العضوية، وحموض الكلوروجينيك والتريغونيلين، والكافئين بحيث يختلف المحتوى من تلك المكونات تبعاً لنوع القهوة، الممارسات الزراعية، المناخ، وتركيب التربة، وطريقة التحليل المتبعة (Farah, 2012).

يحضر مشروب القهوة من بذور البن بعد نزع غلاف الثمرة وغلاف البذرة ويمكن أن تسوق البذور تجارياً محمصة أو خام وبشكل بذور كاملة أو مطحونة. تحصل بذور القهوة على النكهة المميزة لها من خلال عملية التحميص إذ يحصل خلالها العديد من التفاعلات الكيميائية التي تنتهي بتشكل المركبات الطيارة مثل المركبات الفورانية والألدهيدات وغيرها كما تتشكل الميلانوئيدات melanoidins المسؤولة عن لون القهوة المحمصة البني وبعض الفعالية المضادة للأكسدة (Belitz *et al.*, 2009). إن طريقة التحميص الأكثر انتشاراً هي drum roasters، أي التحميص ضمن برميل أو أسطوانة سواء صناعياً أو منزلياً، إذ تكون بذور القهوة على تماس مباشر مع النار لمدة 40-20 دقيقة. يمكن التحميص أيضاً بطريقة السرير الهوائي fluid bed roasters إذ تكون بذور القهوة في هذه الطريقة على تماس مع الهواء الساخن مدة 6 إلى 15 دقيقة وهي تسمح بالتحكم بدرجة حرارة الهواء أكثر من الطريقة الأولى وتعطي لوناً متجانساً للبذور علماً أن الحرارة هنا يمكن أن تصل إلى درجة مئوية 240. تلي مرحلة تحميص القهوة مرحلة تحضيرها لتصبح مشروب القهوة ومن طرق تحضير القهوة الأكثر شيوعاً القهوة المغلية وآلة الاسبريسو والقهوة الإيطالية والقهوة الفرنسية (Farah, 2012). تنتشر في بلادنا بشكل أساسي القهوة المغلية إذ يمزج الماء بالقهوة المطحونة مع التسخين ويتم إطفاء المصدر الحراري عندما يبدأ الغليان أو قد يستمر المزيج بالغليان لثواني قليلة بعد إضافة مسحوق القهوة.

تؤدي معايير التحميص المختلفة كالزمن ودرجة الحرارة وكمية القهوة التي يتم تحميصها وسرعة جريان الهواء الساخن إلى تغيرات فيزوكيميائية عديدة تؤثر في النكهة

والفعالية الحيوية للقهوة وذلك نتيجة تغير تركيبها الكيميائي ومحتواها من المركبات الفعالة حيوياً (Toci *et al.*, 2009)، مع الأخذ بالاعتبار وجود هذه الاختلافات أساساً تبعاً لنوع القهوة الخام ومنشأها (Ewa *et al.*, 2017). لذلك هدفت الدراسة الحالية إلى تحديد المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة في الزجاج لمشروب القهوة، كما هدفت إلى دراسة تاثير بعض العوامل في المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة مثل منشأ القهوة ودرجة تحميصها إضافة إلى زمن الغلي أثناء تحضير مشروب القهوة.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من الاستهلاك الواسع لمشروب القهوة في بلادنا مما يمكنها من لعب دور في الوقاية من الشدة التأكسدية وآثارها السلبية على الصحة.

هدف البحث:

- تحديد المحتوى الفينولي في عدة أنواع من القهوة المتوفرة في السوق المحلية
- دراسة الفعالية المضادة للأكسدة في الزجاج لعدة أنواع من القهوة المتوفرة في السوق المحلية
- دراسة تاثير بعض العوامل على المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة مثل منشأ القهوة ودرجة تحميصها إضافة إلى زمن الغلي أثناء تحضير مشروب القهوة.

الأدوات المستخدمة :

ميزان ذو حساسية (RADWAG, AS 220/C/2) 0.0001g، مقياس الطيف الضوئي (Jasco V-530 UV) ، ميكروبيبت (10µl,100µl,1000µl) Labkit (Chemelex,S.A.Spain)، مجموعة من الزجاجيات.

المواد المستخدمة:

كاشف Folin-Denis (Sigma- Aldrich, Switzerland) ، كربونات الصوديوم (BDH, England) ، حمض الغالي (Biotech LTD) ، كبريتات الحديدي المائية (BDH, England)، TPTZ2,4,6-tripyridyl-S-triazine (Sigma-Aldrich, Switzerland)، ماء مقطر.

جمع العينات وتحضير مشروب القهوة

تم جمع 28 عينة من القهوة المطحونة المسوقة من عدة محلات تجارية في اللاذقية. كانت العينات ذات منشأ جغرافي هندي (9 عينات) أو برازيلي (19 عينة) ومسوقة بأسماء تجارية مختلفة. لم يتوفر في السوق المحلية لمدينة اللاذقية عينات قهوة من منشأ كولومبي فترة إجراء الدراسة. قسمت العينات اعتماداً على درجة التحميص إلى قهوة فاتحة اللون (منخفضة درجة التحميص) وبلغ عددها 13 عينة وقهوة غامقة اللون (ذات درجة تحميص مرتفعة) وبلغ عددها 15 عينة. من أجل دراسة تأثير درجة التحميص تم شراء عينات قهوة فاتحة وغامقة برازيلية من المحل التجاري ذاته، وبالمثل تم شراء عينات قهوة فاتحة وغامقة هندية من المحل التجاري ذاته وذلك لتكون القهوة محمصة تحت الشروط ذاتها ماعدا درجة التحميص أي لون القهوة.

حُضر مشروب القهوة بإضافة 4.5 غرام قهوة مطحونة (ملعقة صغيرة) إلى 75 مل ماء (فنجان قهوة) لحظة الوصول لنقطة الغليان مع إطفاء المصدر الحراري، وذلك ليحاكي طريقة تحضير مشروب القهوة في سوريا ما أمكن (غلي لمدة 0 ثانية). من أجل دراسة تأثير مدة غلي مشروب القهوة على المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة تم غلي بعض عينات القهوة البرازيلية لمدة دقيقة مع أخذ عدة ملليترات بعد 0,15,30,60 ثانية. بعد ذلك بردت العينات في الثلج وخزنت في الثلاجة لحين التحليل.

تحديد كمية المركبات الفينولية في مشروب القهوة

تم تحديد المحتوى الكلي من المركبات الفينولية الموجود في مشروب القهوة بطريقة Folin-Ciocalteu. بداية مددت عينات مشروب القهوة بالماء المقطر بنسب تراوحت بين 20 إلى 40 مرة. أُخذ 0.1 مل من مشروب القهوة بعد التمديد وأضيف 1 مل من كربونات الصوديوم اللامائية 2% مع المزج الجيد. تلا ذلك إضافة 0.1 مل من كاشف Folin-Denis الممدد بالماء المقطر بنسبة 1:1 وتُرك المزيج في الظلام في درجة حرارة الغرفة. بعد 30 دقيقة تمت قراءة الامتصاصية للمعقد الأزرق المتشكل باستخدام

جهاز السبيكتروفومتر عند طول موجة 750 نانومتر.
تم حساب المحتوى الكلي للمواد الفينولية بالرجوع إلى السلسلة العيارية من حمض الغالي وفق مجال التراكيز 0.05–0.2غ/ل والتي حضرت بإضافة كربونات الصوديوم اللامائية وكاشف Folin-Ciocalteu إلى المحاليل المحضرة (كما ذكر أعلاه) ثم قياس امتصاصية كل محلول على حدى عند 750 نانوميتر. تم التعبير عن كمية المواد الفينولية بعدد ميلي غرامات حمض الغالي (Gallic Acid Equivalents GAE) المكافئة للمركبات الفينولية الموجودة في 1 غرام من القهوة أو الموجودة في 1 مل مشروب قهوة (Al Asaad and Aldiab, 2017). كُررت التجربة ثلاث مرات ومن ثم حُسب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

تحديد الفعالية المضادة للأكسدة بطريقة Antioxidant Ferric Reducing Power (FRAP)

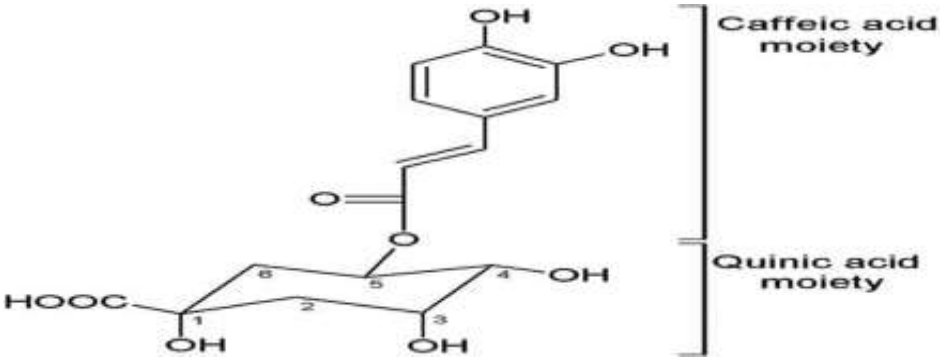
أضيف 100 ميكروليتر من مشروب القهوة بعد إجراء التمديد المناسب (تراوحت نسبة التمديد بين 30 إلى 50 مرة) إلى 1 مللتر من كاشف FRAP. تم تحضير كاشف FRAPبمزج 25 مللتر من وقاء الأسيتات 300 mM وpH 3.6، 2.5 مللتر من محلول TPTZ 10 mM (الذي حضر بدوره بوزن 0.0312 g من TPTZ في 10 مللتر محلول HCl 40 mM) و2.5 مللتر من محلول كلور الحديد (حضَّر بوزن 0.0324 g من كلور الحديد في 10 مللتر ماء المقطر) وبذلك تكون النسبة من وقاء الأسيتات ومحلول TPTZ ومحلول كلور الحديد هي 10: 1:1، على التوالي. تم المزج جيداً ومن ثم تُرك المزيج بحرارة الغرفة مدة 4 دقائق وأخيراً قراءة الامتصاصية عند طول موجة 593 nm. حضر بالوقت ذاته بلانك من محلول FRAP دون إضافة لمشروب القهوة وإنما استبدالها ب 100 ميكروليتر ماء مقطر، كما حضرت سلسلة عيارية من كبريتات الحديدي بتراكيز تتراوح بين (300–1400 µM) ومن ثم إضافة كاشف FRAP لتشكيل المعقد اللوني مع شوارد الحديدي. حددت الفعالية المضادة للأكسدة بالرجوع إلى السلسلة العيارية المذكورة (Aldiab, D. 2018) وتم التعبير عن النتائج بتركيز شوارد الحديدي Fe^{+2} ميكرومول/مل أي المتشكلة بفعل 1 مل من مشروب القهوة والمحضر بدوره من 4.5 غ/75 مللتر أي 60غ/ل. كُررت التجربة ثلاث مرات لكل عينة ومن ثم حُسب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

النتائج والمناقشة:

تم تحديد سوية المركبات الفينولية اعتماداً على سلسلة عيارية من حمض الغالي فكانت المعادلة الخطية y=2.839x-0.0224 ومعامل التحديد R^2=0.991. يظهر في الجدول رقم 1 محتوى عينات القهوة من المواد الفينولية والتي تراوحت بين 1.95 ± 31.8 و 8.4 ± 118.16 ملغ GAE/ غ قهوة محمصة (ما يعادل 0.12 ± 1.91 و 0.5 ± 7.09ملغ GAE/ مل مشروب قهوة). بلغ أعلى محتوى فينولي في عينة قهوة برازيلية فاتحة (8.4± 118.16 ملغ GAE/غ قهوة محمصة) بينما كانت أقل قيمة في قهوة هندية غامقة (1.95± 31.8 ملغ GAE/غ قهوة محمصة. تتوافق نتيجة بعض العينات في الدراسة الحالية مع بعض الدراسات والتي تذكر أن المحتوى الفينولي للقهوة يتراوح بين 29.2 و 43 ملغGAE/ غ قهوة (Ewa *et al.*, 2017)، كما وجدت دراسة نشرت عام 2022 أن المحتوى الفينولي للقهوة يتراوح بين 27.1 و48.23 ملغ GAE/غ قهوة (Le-Thi Anh-Dao *et al.*, 2022). يمكن أن يعزى اختلاف المحتوى الفينولي في الدراسة الحالية عن باقي الدارسات إلى عدة عوامل مثل نوع القهوة ومنشأها، درجة التحميص، طريقة التحميص إضافة إلى الشروط التحليلية المتبعة وطريقة الاستخلاص (Moreira *et al.*, 2012).

تشكل الحموض الكلوروجينية المجموعة الكبرى من المركبات الفينولية الموجودة في القهوة وهي المسؤولة عن مرارة القهوة المحضرة وحموضتها وبالتالي عن نكهتها وجودتها. تنشأ الحموض الكلوروجينية من أسترة حموض الترانس سيناميك (مثل حمض الكافئيك وحمض فيروليك) مع حمض الكينيك وهي تختلف فيما بينها تبعاً لنوع

حموض السيناميك الداخلة وعددها إضافة إلى موقع الأسترة على حمض الكينيك. يعتبر 5-caffeoylquinic (5CQA) acid (ينتج من أسترة حمض الكافئيك مع حمض الكينيك) الأكثر تشكلاً من بين الحموض الكلوروجينية لذلك يدعى عادةً حمض الكلوروجينيك (Clifford, 2000). يتراوح محتوى القهوة المحمصة المسوقة تجارياً من الحموض الكلوروجينية بين 6-0.5 g/100 g من المادة الجافة (Moreira *et al*., 2012)

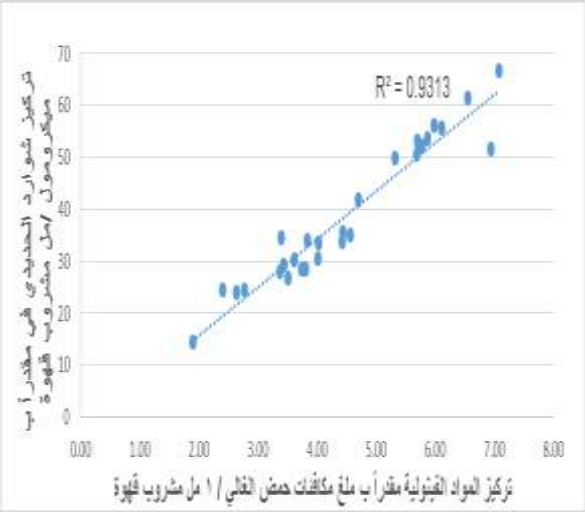


الشكل (1): حمض الكلوروجينيك 5-caffeoylquinic acid (5-CQA) (Maizatulakmal *et al*., 2020)

الجدول (1): محتوى القهوة من المواد الفينولية والفعالية المضادة للأكسدة للقهوة

رقم العينة	منشأ العينة	لون القهوة (درجة التحميص)	محتوى المواد الفينولية ملغ مكافئات حمض الغالي / 1 غ قهوة	محتوى المواد الفينولية ملغ مكافئات حمض الغالي / 1 مل مشروب قهوة	تركيز شوارد الحديدي مقدراً ب ميكرومول /1 مل مشروب قهوة
1	برازيلي	فاتحة	99.89 ± 5.29	6 ± 0.32	56.03 ± 6.1
2	برازيلي	غامقة	56.69 ± 3.45	3.4 ± 0.21	34.51 ± 2.98
3	برازيلي	غامقة	97.99 ± 6.77	5.88 ± 0.41	53.63 ± 4.78
4	برازيلي	فاتحة	118.16 ± 8.4	7.09 ± 0.5	64.63 ± 5.21
5	برازيلي	فاتحة	88.86 ± 6.72	5.33 ± 0.4	49.7 ± 4.01
6	برازيلي	فاتحة	46.35 ± 3.19	2.78 ± 0.19	24.37 ±1.04
7	برازيلي	فاتحة	44.01 ± 2.57	2.64 ± 0.15	23.83 ±1.06
8	برازيلي	غامقة	40.25 ± 3.6	2.42 ± 0.22	24.49 ± 2.15
9	برازيلي	فاتحة	102.01 ± 9.11	6.12 ± 0.55	55.63 ± 4.1
10	برازيلي	غامقة	95.20 ± 8.7	5.71 ± 0.52	52.93 ± 3.29
11	برازيلي	فاتحة	96.37 ± 7.95	5.78 ± 0.48	51.93 ± 2.73
12	برازيلي	فاتحة	63.5 ± 41	3.81 ± 2.46	28.53 ±1.31
13	برازيلي	غامقة	78.53 ± 4.9	4.71 ± 0.29	41.73 ± 2.42
14	برازيلي	غامقة	94.96 ± 6.45	5.7 ± 0.39	50.53 ± 3.45
15	برازيلي	غامقة	67.25 ± 3.5	4.04 ± 0.21	33.37 ±1.65
16	برازيلي	غامقة	74.05 ± 4.66	4.44 ± 0.28	35.48 ± 2.34
17	برازيلي	غامقة	109.29 ± 8.69	6.56 ± 0.52	61.43 ± 3.78
18	برازيلي	غامقة	64.1 ± 7.2	3.85 ± 0.43	33.91 ± 2.11
19	برازيلي	فاتحة	115.86 ± 9.85	6.95 ± 0.59	51.43 ± 3.18
20	هندي	فاتحة	60.44 ± 3.55	3.63 ± 0.21	30.13 ± 2.01
21	هندي	فاتحة	71.1 8 ± 6.81	4.27 ± 0.41	34.93 ± 1.23
22	هندي	فاتحة	57.39 ± 4.87	3.44 ± 0.29	29.17 ±1.13
23	هندي	فاتحة	73.83 ± 3.9	4.43 ± 0.23	33.61 ± 2.3
24	هندي	غامقة	56.45 ± 2.21	3.39 ± 0.13	27.85 ± 1.93
25	هندي	غامقة	58.57 ± 3.92	3.52 ± 0.24	26.53 ± 1.07
26	هندي	غامقة	67.02 ± 4.24	4.02 ± 0.25	30.43 ± 1.98
27	هندي	غامقة	62.56 ± 3.71	3.76 ± 0.22	28.46 ± 2.42
28	هندي	غامقة	31.8 ± 1.95	1.91 ± 0.12	16.63 ± 1.11

استخدمت طريقة FRAP من أجل تحديد الفعالية المضادة للأكسدة لمشروب القهوة إذ يشكل كاشف 2,4,6-tripyridyl-2-triazine (TPTZ) معقداً بنياً محمراً مع شوارد الحديد و معقداً أزرقاً بنفسجياً مع شوارد الحديدي، تقاس الفعالية المضادة للأكسدة اعتماداً على إرجاع المواد الفينولية لمعقد Fe^{3+}-TPTZ البني المحمر في شروط حمضية إلى معقد Fe^{2+}-TPTZ الأزرق (Kukic *et al*., 2008) و عبر عن النتيجة بتركيز شوارد الحديدي المتشكلة مقدرة بميكرومول/1 مل قهوة. كانت المعادلة الخطية للسلسلة العيارية لكبريتات الحديدي y=0.0005x-0.0127 ومعامل التحديد R^2=0.9949. تراوحت الفعالية المضادة للأكسدة بين 1.11 ± 16.63 و 5.21 ± 64.63 ميكرومول Fe^{+2}/ مل مشروب قهوة كما لوحظ وجود علاقة ارتباط بمعامل تحديد R^2=0.9313 بين المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة ، فكلما ازداد المحتوى الفينولي ازدادت الفعالية المضادة للأكسدة (شكل 2). إلا أن المواد الفينولية في القهوة ليست وحدها المسؤولة عن الفعالية المضادة للأكسدة إذ وجدت الدراسات أن الميلانوئيدات التي تتشكل أثناء تحميص القهوة بتفاعل ميلارد عبر تفاعل بعض الحموض الأمينة مع السكريات المرجعة مسؤولة بشكل جزئي عن الخواص المضادة للأكسدة للقهوة. تمتلك الميلانوئيدات وزن جزيئي مرتفع وهي مسؤولة عن اللون البني للقهوة المحمصة وتشكل نحو 25% من وزن المادة الجافة للقهوة المحمصة (Moreira *et al*., 2012). إضافة لما سبق، يتراوح محتوى الكافئين في القهوة بين 9.85–15.2 ملغ/غ قهوة (Abbood and Aldiab, 2017) وهو لا يتأثر بشكل هام خلال تحميص القهوة (Belitz *et al*., 2009)، علماً أنه يمكن أن يشارك في الفعالية المضادة للأكسدة (Nuhu, 2014)، على الرغم مما سبق وجدت الدراسة الحالية علاقة ارتباط قوية وإيجابية بين المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة مما يشير أن المواد الفينولية لعبت الدور الأكبر في الفعالية المضادة للأكسدة لعينات القهوة المدروسة. تشير الدراسات أن الفعالية المضادة للأكسدة للقهوة تعزى بشكل أساسي إلى (5CGA) إضافة إلى تأثيراته الأخرى فهو يخفض سكر الدم والشحوم الثلاثية ويمتلك تأثيراً مضاداً للالتهاب *et al*., (Maizatulakmal 2020)



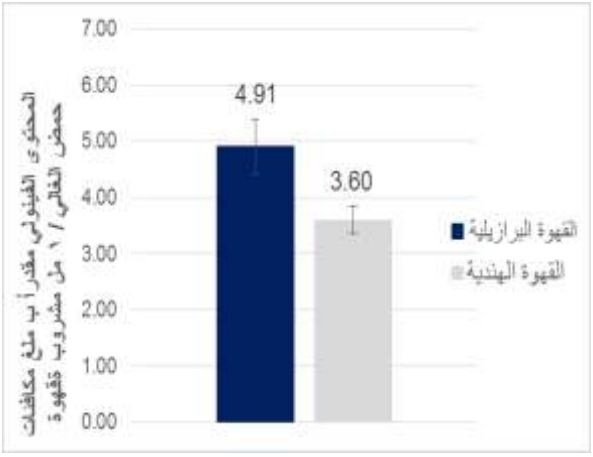
الشكل (2): علاقة الارتباط بين المحتوى الفينولي في القهوة والفعالية المضادة للأكسدة بطريقة FRAP

على ذلك يمكن لتناول القهوة أن يخفف من الشدة التأكسدية في الجسم والتي هي حالة من اضطراب التوازن الخلوي بين المؤكسد ومضاد الأكسدة لصالح الحالة التأكسدية مما يسبب أذية للمكونات الخلوية كدسم الأغشية الخلوية والبروتينات والحموض النووية (Hsu and Guo, 2002). إضافة إلى ذلك، تُعَد الشدة التأكسدية السبب الإمراضي الأكبر في داء باركنسون ومرض ألتزهايمر (Weinreb *et al*., 2009) كما ترتبط بالعديد من الأمراض المزمنة مثل الأمراض القلبية الوعائية والسرطان وغيرها (Stratil *et al*., 2007).

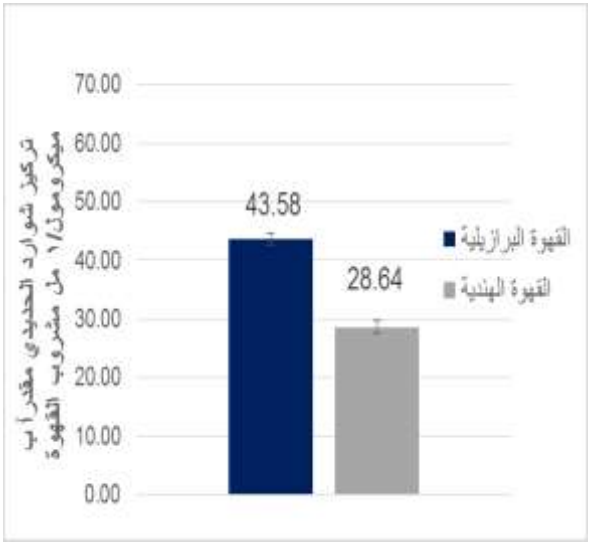
أظهرت الدراسة الحالية احتواء عينات القهوة البرازيلية المسوقة محلياً على مواد فينولية أكثر من عينات القهوة الهندية وبفارق هام احصائياً (p-Value<0.05)، إذ بلغ المتوسط الحسابي في عينات القهوة البرازيلية المدروسة 81.74±8.01 ملغ GAE/غ مقابل 59.92±3.91 ملغ GAE/غ في عينات القهوة الهندية المدروسة أي ما يعادل 3.6 ± 0.234 و 4.91± 0.480 ملغ GAE/ مل مشروب قهوة على التوالي (شكل 3). عادة ما تحتوي القهوة من نوع روبوستا على كمية مواد فينولية أكثر من الأرابيكا

(Vignoli J.A.*et al.*,2014) كما ان اختلاف المكان الجغرافي بين الهند والبرازيل لم يؤثر بشكل هام احصائياً على المحتوى الفينولي لقهوة الأرابيكا عند درجة التحميص ذاتها (Ewa *et al.*, 2017)، إضافة لذلك تشكل الحموض الكلوروجينية (وهي المواد الفينولية المسيطرة في القهوة) في نوع روبوستا 1.5 إلى 2 من كميتها في نوع أرابيكا (Belitz *et al.*, 2009) ويمكن بذلك أن تكون القهوة البرازيلية المسوقة لدينا من نوع روبوستا وهذا ما لا يتم الإعلان عنه عادة من قبل البائعين إذ يكتفي متاجر وباعة القهوة بالإشارة لمنشئها الجغرافي وليس لنوعها أربيكا أو روبوستا.

أدى اختلاف المحتوى الفينولي بين نوعي القهوة الهندية والبرازيلية إلى اختلاف الفعالية المضادة للأكسدة (p-Value<0.05) والتي تراوحت بين 28.64±5.24 و43.58±13.26 ميكرومول Fe^{+2}/ مل مشروب قهوة للقهوة الهندية والبرازيلية على التوالي (شكل 4)، أي أظهرت القهوة البرازيلية فعالية مضادة للأكسدة في الزجاج تفوق القهوة الهندية. إن إثبات فعالية القهوة بالجسم الحي يحتاج لدراسة لاحقة ذلك أنه أثناء تناول الإنسان للمواد الفينولية فإن نسبة قليلة منها يتم امتصاصها إلى الدوران فلا علاقة بين كميتها في الغذاء المحددة مخبرياً وبين توافرها في الجسم الحي (Shaohong, 2015) وعلى ذلك فإن الفعالية المضادة للأكسدة التي أظهرتها القهوة في الزجاج قد لا تحققها عند تناولها فعلاً.



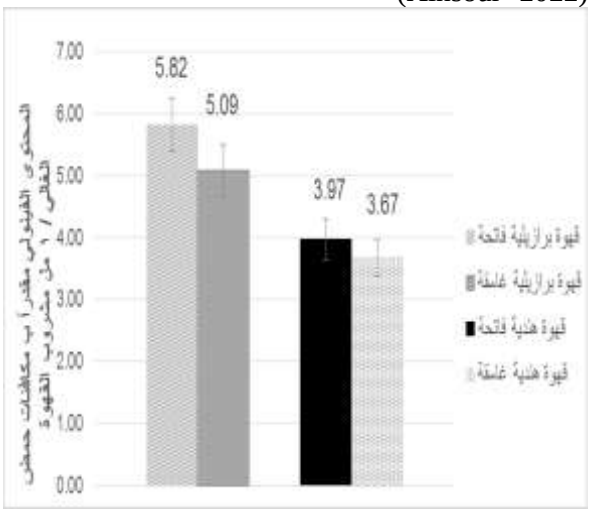
الشكل (3): المحتوى الفينولي في القهوة البرازيلية والقهوة الهندية



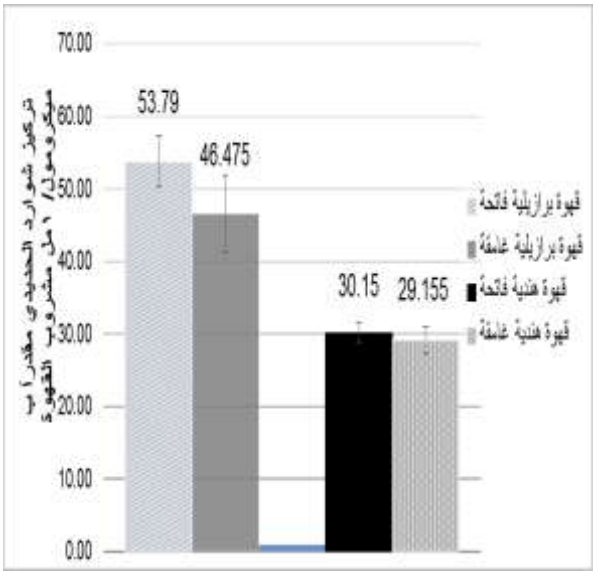
الشكل (4): الفعالية المضادة للأكسدة في القهوة البرازيلية والقهوة الهندية

يختلف لون القهوة تبعاً لدرجة التحميص إذ تبدي القهوة ذات درجة التحميص الخفيفة والمتوسطة لوناً فاتحاً بالمقارنة مع لون القهوة ذات درجة التحميص العالية وعادة ما تتوافر القهوة المطحونة المحمصة تجارياً بعدة درجات تحميص تتراوح بين الفاتحة والغامقة بحسب تفضيل أفراد كل منطقة. تفضل القهوة الفاتحة والمتوسطة التحميص في أمريكا بينما في البرازيل تعتبر القهوة المتوسطة التحميص والقهوة الغامقة هي الأكثر انتشاراً، في حين القهوة الغامقة أكثر شيوعاً في أوروبا. لا يوجد معيار واضح لدرجة التحميص إذ تخضع درجة التحميص سواء تجارياً أو علمياً لمعايير شخصية ومتغيرة. يمكن الاعتماد على مستوى صناعي ضيق على نقص الوزن معياراً لدرجة التحميص، في حين يكون من الصعب ضبطه في حال إنتاج كميات كبيرة، لذلك تبقى المراقبة البصرية طريقة مقبولة لتحديد درجة التحميص وبالتالي للقول إن القهوة فاتحة أو متوسطة أو غامقة (Farah, 2012). تذكر الدراسات أن طريقة التحميص ودرجة الحرارة المطبقة يمكن ان تؤثر على المواد الفينولية في القهوة وعلى رأسها حمض الكلوروجينيك مما يؤثر على طعمها (Matus *et al.,2020*). أظهرت الدراسة الحالية احتواء القهوة الفاتحة على مواد فينولية أكثر من القهوة الغامقة (3.97–5.82، 3.67–5.09 ملغ GAE/

مل مشروب قهوة، على التوالي) وذلك سواء في القهوة البرازيلية أوالهندية (شكل 5) إلا أن هذا الفرق لم يكن ذو دلالة إحصائية (p-Value>0.05) وكان هذا بالتوازي مع كون الفعالية المضادة للأكسدة للقهوة الفاتحة أعلى من القهوة الغامقة (30.15–53.79، 29.15–46.47 ميكرومول Fe^{+2}/ مل مشروب قهوة، على التوالي) دون وجود دلالة إحصائية (p-Value>0.05) وخاصة في القهوة الهندية حيث لم يتجاوز الفرق بالفعالية المضادة للأكسدة 4% (شكل 6)، وهذا يوجه بشكل عام إلى أن العامل الأساسي في الفعالية المضادة للأكسدة للقهوة هي المواد الفينولية ويقلل من تأثير الميلانوئيدات التي تزداد عادة بازدياد درجة التحميص. تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع بعض الدراسات فقد وجدت دراسة أجريت في فيتنام عام 2022 أن ازدياد درجة التحميص قد أدى إلى انخفاض المحتوى الفينولي سواء في نوع القهوة أرابيكا أو نوع القهوة روبوستا (Le-Thi Anh-Dao *et al.*, 2022) كما أن الفعالية المضادة للأكسدة بطريقة FRAP في القهوة الغامقة أقل من القوة الفاتحة والمتوسطة التحميص (Sunyoon *et al.*, 2021) بالإضافة إلى ان علاقة الارتباط بين المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة تتغير تبعاً لدرجة التحميص فهي أكثر وضوحاً في القهوة الفاتحة (Alnsour *et al.*, 2022)



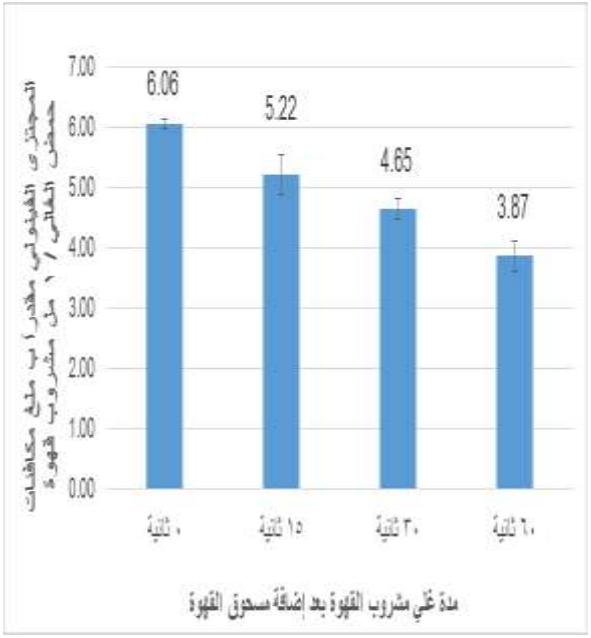
الشكل (5): المحتوى الفينولي في القهوة البرازيلية والقهوة الهندية تبعاً لدرجة التحميص



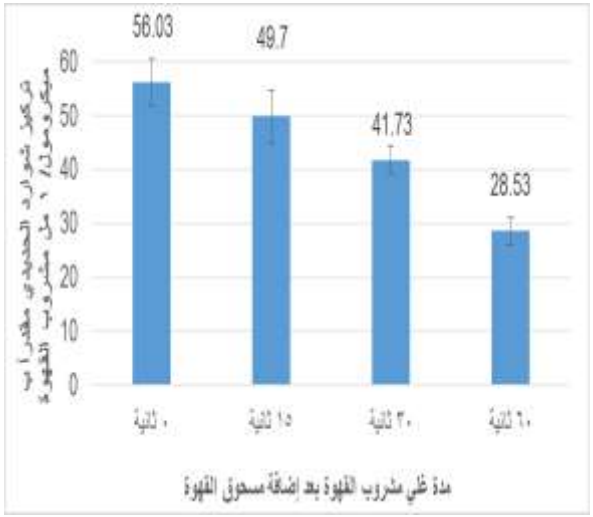
الشكل (6): الفعالية المضادة للأكسدة في القهوة البرازيلية والقهوة الهندية تبعاً لدرجة التحميص

إن حموض الكلوروجينيك، وهي المركبات الفينولية المسيطرة في القهوة كما أشرنا سابقاً، من المركبات غير الثابتة حرارياً فهي تخضع للعديد من التغييرات أثناء التحميص مثل المصاوغة والتفكك إلى مركبات منخفضة الوزن الجزيئي مثل الفينولات والكاتيكولات والتي تسهم بدورها في تطور نكهة القهوة ولونها أثناء التحميص، كما يمكن أن تدخل حموض الكلوروجينيك ضمن بنية الميلانوئيدات عبر تفاعل ميلارد (Moreira *et al.*, 2012). وبذلك يمكن تفسير انخفاض المواد الفينولية بتخرب حموض الكلوروجينيك نتيجة ازدياد درجة التحميص، كما يمكن لتخرب حمض الكلوروجينيك أن يكون سبب انخفاض المحتوى الفينولي عند الاستمرار في غلي مشروب القهوة (شكل 7)، إذ وصلت خسارة المواد الفينولية بعد دقيقة غلي لمزيج القهوة المطحونة مع الماء إلى 36% تقريباً مقارنة مع عينة القهوة التي أوقفت بها المعالجة الحرارة لحظة إضافة مسحوق القهوة إلى الماء المغلي وكان هذا الانخفاض ذو دلالة هامة احصائياً حتى بعد 15 ثانية غلي لمشروب القهوة (p-Value<0.05). أدت عملية غلي القهوة ب إلى انخفاض تدريجي في الفعالية المضادة للأكسدة بالتوازي مع انخفاض المحتوى الفينولي والتي وصلت إلى ما يقارب 50% بعد دقيقة غلي (شكل 8). بناء

على ما تقدم يمكن القول إن ازدياد المعالجة الحرارية للقهوة سواء أثناء التحميص أو أثناء تحضير مشروب القهوة سوف يخفض المحتوى الفينولي وبالتالي يمكن أن تؤثر سلباً على التأثيرات الداعمة للصحة التي تمتلكها المواد الفينولية سواء في الزجاج أو الجسم الحي فهي خافضة لغلوكوز الدم (AA,Hasan *et al*.2022)، ذات فعالية مضادة للالتهاب (Aldiab, Hasan *et al*,.2021), ذات فعالية مضادة للجراثيم (Alahmad *et al*,. 2023)، مضادة للتخثر (Alaa, Hasan *et al*,. 2023) وغيرها. كما ستؤدي ازدياد المعالجة الحرارية للقهوة سواء أثناء التحميص أو أثناء تحضير مشروب القهوة إلى انخفاض الفعالية المضادة للأكسدة والتي أثبتتها العديد من الدراسات (Alasaad and Aldiab. 2016



الشكل (7): انخفاض المحتوى الفينولي أثناء غلي مشروب القهوة



الشكل (8): انخفاض الفعالية المضادة للأكسدة أثناء غلي مشروب القهوة

الاستنتاجات والتوصيات:

- القهوة البرازيلية والهندية من المصادر الغنية بالمواد الفينولية وتمتلك فعالية مضادة للأكسدة في الزجاج
- القهوة البرازيلية ذات محتوى فينولي وفعالية مضادة للأكسدة أعلى من القهوة الهندية
- ينقص المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة بازدياد تحميص القهوة
- ينقص المحتوى الفينولي والفعالية المضادة للأكسدة بازدياد المعالجة الحرارية أثناء تحضير مشروب القهوة
- توصي الدراسة بدراسة تأثيرات القهوة الداعمة للصحة في الجسم الحي بما فيها الفعالية المضادة للأكسدة
- توصي الدراسة بتحديد كمية حمض الكلوروجينيك في أنواع القهوة المتوفرة في السوق المحلية
- توصي الدراسة بالبحث في طريقة ودرجة التحميص كمؤشر لجودة القهوة وتأثيراتها الداعمة للصحة

References:

1. Abbood, A. Aldiab. D. HPLC determination of caffeine in some beverages and pharmaceutical dosage forms available in Syrian market. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciencee. 2017. 10 (3)
2. Agardh E. E.; Carlsson S.; Ahlbom A.; Efendic S.; Grill V.; Hammar N.; Hilding A.; and Ostenson,C. G. (2004). Coffee consumption, type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in Swedish men and women.J. Intern. Med.255, 645–652
3. AL Asaad, N., and D. Aldiab, Determination of total antioxidant activity of fruit juices widely consumed in Syria. Research journal of Pharmacy and Technology. 10, (4), 2017
4. Alnsour Lilian, Issa Reem , Awwad Shady , Albals Dima. Al-Momani Idrees Quantification of Total Phenols and Antioxidants in Coffee Samples of Different Origins and Evaluation of the Effect of Degree of Roasting on Their Levels. Molecules 2022, 27
5. Alaa, A. Hasan, N. Aldiab, D. Study of th anticoagulant activity of Rosa Damascena extract in vitro. Tishreen University Journal-Medical Sciences, 2023, Series 45 (3)
6. Alahmad, A. Aldiab, D. Daoud, N. Antimicrobial effect of Rosemary extract to improve the shelf life of chicken meat .Tishreen University Journal-Medical Sciences, 2023, Series 45 (3).
7. Aldiab, D., Effect of preparation conditions on phenolic content and antioxidant activity of various teas and herbal teas. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, 2018. 11(3): p. 222-226.
8. Alam Z., Roncal J., Peña-Castillo L. Genetic variation associated with healthy traits and environmental conditions in Vaccinium vitis-idaea. BMC Genomics. 2018: 19(4),.
9. Alsalti, A. A., Hasan, N., and Aldiab, D. In-vitro and In-vivo hypoglycemic efficacy of Rosa damascena petals extracts. Bulletin of Pharmaceutical Sciences. Assiut, 45 (2), 2022, 593-604.
10. Alsubot. Aldiab, D. 5-hydroxymethylfurfural Levels in Coffee and Study of some effecting factors. Research journal of Pharmacy and Technology. 12 (9): 2019
11. Al Asaad, N., and D. Al Diab. Antioxidant Activity and Phenolic Content of Eight. Mediterranean Fruit Juices. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology. 9 (3), 2016,: p. 3299-3304.
12. Aldiab, D. N. Hasan and Nezam, A. Using albumin denaturation inhibition method to determine the anti-inflammatory activity of phenolic compounds in some locally available fruit juices. Tishreen University Journal-Medical Sciences, 2021, 43 (1).
13. Belitz H.D; Grosch W and Schieberle P. (2009). Food Chemistry. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.4th ed, pp. 270-289.
14. Clifford M. N. (2000). Chlorogenic acids and other cinnamates—nature, occurrence, dietary burden, absorptionand metabolism. J. Sci. Food Agric.80, 1033–1043.
15. Ewa Dybkowska*, Anna Sadowska, Rita Rakowska, Maria Dębowska, Franciszek Świderski, Katarzyna Świąder .Assessing polyphenols content and antioxidant activity in coffee beans according to origin and the degree of roasting .Rocz Panstw Zakl Hig 2017;68 (4):347-353
16. Farah A.. Coffee Constituents. Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention. (2012) Edited by Yi-Fang Chu. John Wiley & Sons, Inc. Published by Blackwell Publishing Ltd.First Edition
17. HSU, P.; GUO, Y. Antioxidant Nutrients And Lead Toxicity. Toxicology. (2002). 180, 33-44.
18. International Coffee Organization (ICO). Statistics. Breakdown of exports of green Arabica and green Robusta of countries exporting significant volumes of both types of coffee, June 2009, January 2011.www.ico.org (accessed January 21, 2011).
19. Kukic, J.; Popovic, V.; Petrovic, S.; Mucsji, P.; Ciric, A.; Stojkovic, D.; Sokovic, M. Antioxidant and antimicrobial activity of Cynara cardunculus extracts. Food Chemistry. (2008) 107, 861–868.

20. Larsson S. C.; and Wolk A. Coffee consumption and risk of liver cancer: a meta-analysis. Gastroenterology. . (2007) 132, 1740–1745.
21. Le-Thi Anh-Dao 1, Le Nhon-Duc 2, Nguyen Cong-Hau , Nguyen Thanh-Nho
Variability of Total Polyphenol Contents in Ground Coffee Products and Their Antioxidant Capacities through Different Reaction Mechanisms
22. Lindsay J.; Laurin D.; Verreault R.; Hebert R.; Helliwell B.; Hill G. B.; and McDowell I.. Risk factorsfor Alzheimer's disease: a prospective analysis from the Canadian study of health and aging. Am. J.Epidemiol. (2002)156, 445–453.
23. Matúš V, Tatiana H, Peter P. Effect of preparation method and roasting temperature on total polyphenol content in coffee beverages. Czech Journal of Food Sciences, 38, 2020 (6)
24. Moreira A.S.P.; Nunes F.M.; Dominguesa M.R.; and Coimbra M.A.. Coffee melanoidins: structures, mechanisms of formation and potential health impacts. Food Funct., (2012) 3, 903–915.
25. Maizatulakmal Yahayu, Zeenat Begam Sawal Hamid, Hala El Adawi2, Daniel Joe Dailin, Roslinda Abd Malek, Siti Zulaiha Hanapi, Ali Boumehira, Sulaiman Ngadiran, Ida Madiha Yusoff, Ting Ho5 and Hesham El Enshasy. Antioxidant Activity In Green And Roasted Coffee: A Critical Review. BIOSCIENCE RESEARCH, 2020 17(3):
26. Nuhu A.A.. Bioactive Micronutrients in Coffee: Recent Analytical Approaches for Characterization and Quantification. Hindawi Publishing Corporation ISRN Nutrition. (2014) 1-13.
27. Shaohong. Yu. Yerba mate (Elex paraguariensis) improves microcirculation of volunteers with high blood viscovity: a randomized, double blind, placebo-controlled trial. Experimantal gerontology 62 (2015)
28. Sunyoon Jung, Sunyoung Gu, Seung-Hun Lee. Yoonhwa Jeong. Effect of Roasting Degree on the Antioxidant Properties of Espresso and Drip Coffee Extracted from Coffea Arabica cv. Java. Applied Science 2021, 11
29. Stratil, P.; Klejdum, B.; Kuba, V. Determination Of Phenolic Compounds And Their Antioxidant Activity In Fruits And Cereals. Talanta. (2007).
30. Toci A. T.; Silva C. M.; Fernandes F.; and Farah A. Effect of the fluid speed changes on the chemicalcomposition of coffee samples roasted in an industrial semi-fluidized bed roaster. .(2009) Proc. 23rd Int. Conf.Coffee Sci. ASIC, 500–503.Trieste, Italy.
31. Vignoli J.A., Viegas M.C., Bassoli D.G., Benassi M.T.: Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. Food Research International, 2014;61:279-285
32. Vermerris W., Nicholson R, Phenolic compounds biochemistry 2006.
33. Weinreb, O.; Amit, T.; Youdim, M.; Mandel, S. Characterization Of The Neuroprotective Activity Of The Polyphenol (-)-Epigallocatechin-3-Gallate In The Brain. MCKINLEY, H.; JAMIESON, M. Handbook of Green Tea and Health Research. (2009).