مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الثاني - علوم الحياة - تشرين أول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.02.26.06

تأثير درجة التحميص والوقت على تركيز المعادن (Zng Kg Cag Nag Cug Fe) في القهوة الساخنة والباردة

ياسين فوزي حمدان [1]* ، زياد طارق سمير[1]
قسم علوم الاغذية - كلية الزراعة - جامعة تكريت - العراق
E-mail: yh230006pag@st.tu.edu.iq*

مستخلص:

أجريت هذه الدراسة في مختبرات كلية الزراعة –جامعة تكريت لغرض تقدير (Fe و Cu و Naو Caو Kو Zn) في القهوة البرازيلية ، اذ تم الحصول على القهوة البرازيلية من الاسواق المحلية وحضرت العينة للاختبار وأجريت الاختبارات عليها بعد تعريضها الى دراجات حرارية مختلفة (تحميص القهوة) واوقات معينة . وقدرت تراكيز العناصر المعدنية باستخدام جهاز الامتصاص الذري اللهبي (GBC SAVANTA Spectrophotometer –) استرالي المنشأ. وكانت تراكيز المعادن عالية عند الدرجة 240 مئوية وبوقت 18 دقيقة ، إذ بلغت نسبة كل من المعادن (Fe و Cu و Naو Caو Kو Zn) وكانت نسبتها (263.80 ، 4.15 ، 1490.0، 163.8 ، 8334.0 و 4.838) على التوالي وهي اعلى التراكيز التي تم الحصول عليها بأعلى درجات الحرارة والوقت. تبين ان القهوة مادة غذائية غنية بالمعادن وأن المعادن تتأثر بدرجات الحرارة العالية، وان درجة حرارة التحميص والفترة الزمنية زادت محتوى المعادن في القهوة بشكل عام، بسبب ان المركبات غير المعادن في القهوة تتفكك بالحرارة ويزداد تركيز المعادن على حساب هذه المركبات.

الكلمات المفتاحية : القهوة – درجة التحميص – المعادن – الوقت .

Influence of Roasting Degree and Time on the Concentration of Minerals (Fe, Cu, Na, Ca, K, and Zn) in Hot and Cold Brew Coffee

Yassin Fawzi Hamdan , Ziad Tariq Samir
Department of Food Science, College of Agriculture, Tikrit University, Iraq.

Abstract

This study was carried out in the laboratories of the College of Agriculture, Tikrit University, to determine the concentrations of selected minerals (Fe, Cu, Na, Ca, K, and Zn) in Brazilian coffee. The coffee samples were obtained from local markets, roasted at different temperatures and for specific time intervals, and then analyzed to assess the effect of roasting conditions on mineral composition. The concentrations of the metallic elements were determined using a GBC-SAVANTA flame atomic absorption spectrophotometer (Australia). Results showed that the highest mineral concentrations were recorded at a roasting temperature of 240 °C for 18 minutes, where the levels of Fe, Cu, Na, K, Ca, and Zn reached 4.838, 8334.0, 163.8, 1490.0, 4.15, and 263.8 mg/kg, respectively. The concentrations of Zn, K, and Ca were particularly high under these conditions, representing the maximum values observed. The findings indicate that coffee is a mineral-rich beverage, and that roasting temperature and duration have a significant influence on mineral concentration. Generally, increasing roasting temperature and time leads to higher apparent mineral content, likely due to the thermal degradation of non-metallic organic compounds and the resulting concentration of inorganic minerals in the roasted coffee.

Keywords: Coffee, Roast degree, Minerals, Time.

المقدمة

تعد القهوة من المشروبات الشعبية التي لها رواج في البيوت والمقاهي والمرافق العامة اذ تقدم عند الضيافة وفي الوجبات وتستهلك في العادات الغذائية بحالتين الساخنة والباردة لما تمتلكه من خصائص النكهة والخصائص الغذائية والعناصر والفيتامينات المهمة للجسم. ومن الناحية التركيبية عبارة عن خليط كيميائي معقد يتكون من مواد كيميائية مختلفة، ونشاط مضاد للطفرات الوراثية وللقهوة دور في تنشيط الدورة الدموية [1] .تحتوي القهوة على العديد المركبات الفعالة مثل كالبوليفينولات مثل حامض الكلوروجينيك ومنتجاتها والكافين، والكاهوول، والكافيستول، والفينولات، وهذه المركبات هي المسؤولة عن التأثيرات الوقائية الكيميائية للقهوة، كما وتظهر القهوة تأثيرات وقائية او ضارة على انظمة مختلفة مثل الجهاز الهيكلي العظمي والجهاز التناسلي والجهاز العصبي وجهاز القلب الوعائي ومستويات الهوموسيستين ومستويات الكوليسترول. [2]

وهناك تأثيرات ضارة للقهوة على الأشخاص الذين يعانون من الحساسية تجاه القهوة. وذكرت دراسات عديدة ان استهلاك معتدل للقهوة بمعدل 3 الى 4 اكواب في اليوم يكون اكثر امانا على صحة الانسان . [3]

تحتوي القهوة على العديد من العناصر الغذائية المفيدة للصحة، تحتوي القهوة على مركبات متعدد الفينول (Polyphenols) والتي تُعدُّ من مضادات الأكسدة التي تساعد على التقليل من الجذور الحرة التي تسبب ضرراً لخلايا الجسم، وقد تؤدي إلى حدوث الالتهابات المرتبطة بالإصابة بالمتلازمة الأيضية (Metabolic syndrome)، والتي تشمل السكري من النوع الثاني، والسمنة [4].

تعد القهوة مصدراً جيداً للفيتامينات والمعادن كالمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والنياسين، والكولين، وغيرها [5] تكون القهوة فعالة جداً في تعزيز اليقظة أنَّ استهلاك جرعات عالية من الكافين يزيد من إفراز هرمون الأدرينالين (Adrenaline) بشكلٍ ملحوظ، الأمر الذي يقلل من الشعور بالنعاس، ويعزز اليقظة لفتراتٍ زمنيّة طويلة [6] [7].

اشار [8] لمجموعة من العناصر المعدنية الغذائية في القهوة وهي عنصر الكالسيوم والحديد والزنك في القهوة المجففة باستخدام مطياف الامتصاص الذري اللهبي (FAAS) تم العثور على مستويات الحديد والكالسيوم والزنك في القهوة تتراوح بين (41.5 الى 186.0 ، 59.8 الى 426.8 ، 38.6 الى 58.7 ملغم) على التوالي .

وضح [9] بعض من العناصر المعدنية والفيتامينات والمغذيات الكبيرة في قشر القهوة الفضية التي تم الحصول عليها من قشر قهوة عربية محمصة (الكالسيوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، المنغنيز، النحاس ، والزنك) ولم يلاحظ فروقات كبيرة في تغيير العناصر الموجودة في القهوة المحمصة.

وهدفت هذه الدراسة الى تقدير العناصر المعدنية في القهوة البرازيلية الساخنة والباردة ودراسة تأثير درجة حرارة التحميص والوقت على تركيز المعادن فيها .

المواد وطرائق العمل

تحضير العينة

حضرت عينة 1000 غرام من القهوة الخام ثم قسمت الى اربعة معاملات كل معاملة تحتوي على ثلاث معاملات فرعية من 100 غم من القهوة،

حيث لم يتم تعريض المعاملة الأولى الى أي درجة حرارية (خام) واعتبرت معاملة سيطرة لقياس الفيتامينات للمعاملات التي تعرضت الى درجات حرارة وفترات زمنية مختلفة. اما المعاملة الثانية فتم تعريضها الى درجة حرارة 200 مْ وبزمن (12، 15و 18) دقيقة. أما المعاملة الثالثة فتم تعريضها الى درجة حرارة 220 درجة مئوية وبأزمنة المذكورة انفاً كما إن المعاملة الرابعة فتم تعريضها الى درجة حرارة 240 درجة مئوية وفي الوقت نفسه ، بردت العينات في درجة حرارة الغرفة ثم حفظت في كيس محكم من البولي اثلين لحين اجراء الإختبارات .

طحن العينات

تم طحن العينات بواسطة الطاحونة الصناعية لمدة ثلاث دقائق لكل عينة وبعدها تم تصفيتها بواسطة منخل معدني ذو فتحات قياس (0.5 ملم) في كيس من البولي اثلين محكم وحفظت بالتجميد لحين اجراء الاختبارات .

تقدير العناصر الصغرى

تم تقدير العناصر الثقيلة في عينات مسحوق القهوة باستخدام تقنية الامتصاص الذري اللهبي حيث تم اخذ 1 غم من المسحوق واضيف له 10 مل من حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4) وتركت العينة 10 دقائق ثم وضعت في مسخن على درجة حرارة 320 (تسخين تدريجي) لمدة 60 دقيقة حتى اصبح المحلول رائق . رشحت العينة واكمل الحجم الى 25 مل بالماء المقطر . تم قياس العناصر باستخدام جهاز الامتصاص الذري اللهبي (GBC – SAVAN-TA Spectrophotometer) استرالي المنشأ.

تحضير المحاليل القياسية :

تم تحضير محلول خزن 10 مايكروغرام/ مل من المحلول القياسي الرئيسي لكل من العناصر(الزنك، الحديد، النحاس) المجهز من شركة chemical (1000 مايكروغرام/ مل) ومن محلول الخزن تم تحضير سلسلة المحاليل القياسية التالية :-

1- لعنصر الزنك (0.4 ، 0.8 ، 1.2 ، 1.6 ، 2) مايكروغرام/ مل . المحلول البلانك يحوي فقط على محلول الهضم حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4).

2-لعنصر الحديد (2 ، 4 ، 6 ، 8 ، 10) مايكروغرام/ مل . المحلول البلانك يحوي فقط على محلول الهضم حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4).

3- لعنصر النحاس (1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5) مايكروغرام/ مل . المحلول البلانك يحوي فقط على محلول الهضم حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4).

3-2 : تقدير العناصر الكبرى

تم تقدير العناصر الثقيلة في عينات مسحوق القهوة باستخدام تقنية الانبعاث الذري اللهبي حيث تم اخذ 1 غم من المسحوق واضيف له 10 مل من حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4) وتركت العينة 10 دقائق ثم وضعت في مسخن على درجة حرارة 320 (تسخين تدريجي) لمدة 60 دقيقة حتى اصبح المحلول رائق . رشحت العينة واكمل الحجم الى 25 مل بالماء المقطر . تم قياس العناصر باستخدام جهاز الانبعاث الذري اللهبي (PG902 – Flame-photometer) انكليزي المنشأ.

من محلول الخزن القياسي (1000 مايكروغرام/ مل) تم تحضير سلسلة المحاليل القياسية لعنصر البوتاسيوم او الصوديوم (10، 25، 50، 75، 100)

مايكروغرام/ مل . المحلول البلانك يحوي فقط على محلول الهضم حامض الكبريتيك المركز وحامض البيركلوريك المركز بنسبة (1:4).

التحليل الاحصائي Statistical analysis

تم تحليل البيانات باستعمال التصميم العشوائي الكامل C.R.D, واختبرت الفروق المعنوية بين المتوسطات الحسابية باستعمال اختبار اقل فرق معنوي ين المتوسطات الحسابية L.S.D عند مستوى معنوية 5٪ . اجري التحليل للبيانات باستعمال البرنامج الاحصائي SPSS, مع دراسة علاقة الارتباط البسيط correlation بين المتغيرات . [10]

النتائج والمناقشة

تقدير الحديد (Fe)

يبين الجدول (1) تأثير عاملي الدراسة الزمن ودرجة الحرارة والتداخل فيما بينهما على تقدير الحديد (Fe) . يظهر الجدول وجود فروق معنوية بين الفقرات الزمنية الثلاثة اذ اعطت القيم التالية (211.60 ، 79.17 ، 82.76) على التوالي مع الوقت (12 ، 15 ، 18) . تبين نتائج الجدول فروق معنوية وتداخل بين عاملي الدراسة حيث اعطت درجة الحرارة 240 م لفترة 18 دقيقة اعلى معدل للصفة بلغت 263.80 فيما اعطت عند درجة حرارة 200 م لمدة 12 دقيقة اقل معدل للصفة بلغت 34.463 ، وهذا يدل على ان عند ارتفاع درجات الحرارة تزداد المعادن في القهوة .

كما يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة اذ اعطت درجة الحرارة 240 درجة مئوية اعلى قيمة للحديد (Fe) بلغت 155.6 فيما اعطت درجة الحرارة 220 درجة مئوية اقل مستوى بلغ 106.29 . اشارت دراسة [8] التي اجريت على القهوة في ماليزيا الى ان تركيز مستويات الحديد في القهوة تراوحت بين (41- 186) ملي غرام والتي تم فيها تسخين العينة الى 110 حتى الجفاف، اي بمعنى زادت نسبة الحديد عند التحميص للقهوة وهذا ما توصل اليه الباحث.

جدول (1) تقدير الحديد (Fe) في القهوة

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	34.33				
12		a 34.463	c 94.90	e 129.31	a 82.76
15		a 36.61	d 106.02	f 242.80	a 79.17
18		b 84.65	e 128.20	g 263.80	b 211.60
MEAN		b 111.58	a 106.29	c 155.67	124.51

تقدير النحاس (Cu)

يبين الجدول (2) تأثير الزمن ودرجة الحرارة والتداخل فيما بينهما في تقدير النحاس (Cu). واظهر الجدول وجود فروق معنوية بين الفقرات الزمنية الثلاثة (12،15،18) دقيقة بالترتيب اذ كانت (2.185 ، 1.242 ، 1.114) على التوالي

مع الدرجات الحرارية المذكورة انفاً، بينت نتائج الجدول فروق معنوية للتداخل بين تأثير عاملي الدراسة حيث اعطت درجة الحرارة 240 وعند الفترة 18 دقيقة اعلى معدل للصفة بلغت 4.15 فيما اعطت عند درجة حرارة 200م وبمدة 12 دقيقة اقل معدل للصفة بلغت 0.700 ، اي كلما زادت درجة التحميص زادت نسبة النحاس في القهوة وهذا ما توصل اليه الباحث .

كما اظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة اذ اعطت درجة الحرارة 240 درجة مئوية اعلى قيمة Cu بلغت 2.584 فيما اعطت درجة الحرارة 200 درجة مئوية اقل مستوى بلغ 0.814. ذكر [11] ان محتوى معظم المعادن (البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، الحديد، النحاس، الفسفور، النيتروجين، والكبريت) ازداد مع شدة التحميص، وكان قد جفف حبوب البن في فرن عند 40 درجة مئوية ثم طحنها ثم استخدم درجات الحرارة 150 و230 و280 درجة مئوية على التوالي وان التمييز بين أنواع القهوة وقوة التحميص بناءً على محتوى المعادن والبوليفينولات،

جدول (2) تقدير النحاس (Cu)

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	a 0.350				
12		ab 0.700	bc 0.970	d 1.674	c 1.114
15		ab 0.799	ab 1.000	d 1.929	b 1.242
18		abc 0.943	b 1.463	d 4.15	d 2.185
MEAN		ab 0.814	c 1.144	d 2.584	

تقدير الصوديوم (Na)

يبين الجدول (3) تأثير عاملي الدراسة الزمن ودرجات الحرارة والتداخل فيما بينهما في تقدير الصوديوم (Na) واظهر الجدول وجود فروق معنوية بين الفترات الزمنية الثلاثة حيث كانت (123.9 ، 116.0 ، 112.7) على التوالي مع الوقت (12 ، 15 ، 18). كما اظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة اذ اعطت درجة الحرارة 240 درجة مئوية اعلى تركيز Na بلغت 211.02 فيما اعطت درجة الحرارة 200 درجة مئوية اقل مستوى بلغ 143. ، كانت هناك فروق معنوية في نتائج الجدول بين عاملي الدراسة حيث اعطت درجة الحرارة 240م وعند الفترة 18 دقيقة اعلى معدل للصفة بلغت 163.8 فيما اعطت عند درجة حرارة 200 م لمدة 12 دقيقة اقل معدل للصفة بلغت 34.0 .

جاءت هذه النتائج مطابقة لـ [12] عند دراسته على العناصر المعدنية في القهوة حيث وجد ان الصوديوم (Na) ازاد الصوديوم من 121.54 الى 162.60 ميكرو غرام / غرام وان المعادن تزداد بزيادة الحرارة وعزى الباحث السبب الى الارتباط بعناصر اخرى واكد ان درجة الحرارة تؤدي الى زيادة التركيز للعناصر بسبب الارتباط مع عناصر اخرى .

جدول (3) تقدير الصوديوم (Na)

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	a 30.0				
12		a 34.0	c 144.2	cd 160.0	c 112.7
15		a 39.0	c 147.5	d 161.5	c 116.0
18		b 56.5	cd 151.6	d 163.8	d 123.9
MEAN		a 43.1	c 147.7	d 211.02	

تقدير الكالسيوم (Ca)

يبين الجدول (4) تأثير عاملي الدراسة الزمن ودرجات الحرارة والتداخل فيما بينهما في تقدير الكالسيوم (Ca) ، ويظهر الجدول وجود فروق معنوية بين الفقرات الزمنية الثلاثة، إذ أعطت كل من (1036.6، 927.5 ، 823.6) على التوالي . تبين نتائج الجدول فروق معنوية للتداخل بين عاملي الدراسة حيث أعطت درجة الحرارة 240 وعند الفترة 18 دقيقة أعلى معدل للصفة بلغت 1490.0، فيما أعطت عند درجة حرارة 200 وبمدة 12 دقيقة أقلَّ معدل للصفة بلغت 675.0 .

كما يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة، إذ أعطت درجة الحرارة 240 درجة مئوية أعلى قيمة Ca بلغت 1217.3 فيما أعطت درجة الحرارة 200 درجة مئوية أقلَّ مستوى بلغ 690.3 . أشارت دراسة [8] التي أُجريتْ على القهوة في ماليزيا إلى أن تركيز مستويات الحديد في القهوة تراوحت بين (41- 186) ملي غرام والتي تمَّ فيها تسخين العينة إلى 110 حتى الجفاف .

جدول (4) تقدير الكالسيوم (Ca)

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	a 519.0				
12		b 675.0	c 855.0	c 941.0	c 823.6
15		b 688.0	c 872.0	d 1222.5	c 927.5
18		b 708.0	c 912.0	d 1490.0	d 1036.6
MEAN		a 690.3	b 879.6	d 1217.3	

4-3-6 تقدير البوتاسيوم (K)

يبين الجدول (5) تأثير عاملي الدراسة الزمن ودرجات الحرارة والتداخل فيما بينهما في تقدير K(البوتاسيوم)، ويظهر الجدول وجود فروق

معنوية بين الفقرات الزمنية الثلاثة، إذ أعطت كل من (7680.0 ، 7845.3، 8016.3) على التوالي. كما يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة، إذ أعطت درجة الحرارة 240 درجة مئوية أعلى قيمة K بلغت 8273.3 فيما أعطت درجة الحرارة 200 درجة مئوية أقلَّ مستوى بلغ 7334.6. تبين نتائج الجدول فروقًا معنوية للتداخل بين عاملي الدراسة، حيث أعطت درجة الحرارة 240 وعند الفترة 18 دقيقة أعلى معدل للصفة بلغت 8334.0 فيما أعطت عند درجة حرارة 200 وبمدة 12 دقيقة أقلَّ معدل للصفة بلغت 7012.0.

وجاءت هذه النتائج مطابقة لـ [13] عند دراسته على مشروب القهوة عند التحميص وقد تؤدي زيادة درجة ودرجة حرارة التحميص إلى زيادة محتوى البوتاسيوم، ولكن يبدو أن هذا مرتبط بانخفاض محتوى الماء في حبوب البن المحمصة ، وأشارت دراسة [7] التي أُجريتْ على القهوة في الأردن إلى أن نسبة البوتاسيوم تزداد عند ارتفاع درجة الحرارة في القهوة مدة التحليل، ووجد أن كمية البوتاسيوم كانت الأعلى من بقية العناصر المعدنية ، وهذا مطابق لما توصلنا إليه في بحثنا .

جدول (5) تقدير البوتاسيوم (K)

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	6853.0				
12		7012.0	7803.0	8225.0	7680.0
15		7370.0	7905.0	8261.0	7845.3
18		7622.0	8093.0	8334.0	8016.3
MEAN		7334.6	7933.6	8273.3	

تقدير الزنك (Zn)

يبين الجدول (6) تأثير عاملي الدراسة الزمن ودرجات الحرارة والتداخل فيما بينهما في تقدير Zn، ويظهر الجدول وجود فروق معنوية بين الفقرات الزمنية الثلاثة، إذ أعطت كل من (2.962، 1.021، 1.075) على التوالي . تبين نتائج الجدول فروق معنوية للتداخل بين عاملي الدراسة حيث أعطت درجة الحرارة 220 وعند الفترة 18 أعلى معدل للصفة بلغت 4.838 فيما أعطت عند درجة حرارة 220 وبمدة 15 دقيقة أقلَّ معدل للصفة بلغت 0.600 .

كما يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية بين درجات الحرارة المستعملة، إذ أعطت درجة الحرارة 220 درجة مئوية أعلى قيمة Zn بلغت 2.096 فيما أعطت درجة الحرارة 200 درجة مئوية أقلَّ مستوى بلغ 1.175 . وأشارت دراسة [8] التي أُجريتْ على القهوة في ماليزيا إلى أن تركيز مستويات الحديد في القهوة تراوحت بين (41- 186) ملي غرام والتي تمَّ فيها تسخين العينة إلى 110 حتى الجفاف .

جدول (6) تقدير الزنك (Zn)

الوقت	درجة الحرارة				
دقائق	0	200	220	240	MEAN
0	a 0.600				
12		a 0.825	a 1.038	b 3.012	a 1.075
15		a 0.850	a 1.525	b 3.775	a 1.021
18		a 0.937	a 1.550	c 4.838	b 2.962
MEAN		a 1.175	b 2.096	b 1.787	

الاستنتاجات والتوصيات

كانت الدراسة الحالية قد بينت ان القهوة مادة غذائية غنية بالمعادن وأن المعادن ثابتة في درجات الحرارة العالية، وان درجة حرارة التحميص والفترة الزمنية زادت من محتوى القهوة من المعادن بشكل عام بسبب ان المركبات غير المعادن في القهوة تتفكك بالحرارة ويزداد تركيز المعادن على حساب هذه المركبات ، ومن خلال الدراسة الحالية وجد ان اعلى الدرجات واطول الفترات لتحميص القهوة البرازيلية تؤثر على محتوى القهوة من المعادن مقارنة مع معاملة السيطرة التي لم تعرض لأي درجة حرارية. ويوصي الباحث بإجراء مزيد من الدراسات على القهوة لبحث معادن اخرى لها علاقة بالتغذية .

المصادر

[1] **Farah, A(2012).** Coffee Constituents. In Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention; Chu, Y.-F., Ed.; Wiley/Blackwell Publishing: Hoboken, NJ, USA. pp. 21-58.

[2] **Dippong, T., Dan, M., Kovacs, M. H., Kovacs, E. D., Levei, E. A., & Cadar, O. (2022).** Analysis of volatile compounds, composition, and thermal behavior of coffee beans according to variety and roasting intensity. Foods, 11(19), 3146.

[3] **Angeloni , S., Mustafa, A. M., Abouelenein, D., Alessandroni, L., Acquaticci, L., Nzekoue, F. K., ... & Caprioli, G. (2021).** Characterization of the aroma profile and main key odorants of espresso coffee. Molecules, 26(13), 3856.

[4] **Goldman, R., & Marengo, K. (2019).** Alkaline water: benefits and risks.

[5] **Cano-Marquina, A., Tarín, J. J., & Cano, A. (2013).** The impact of coffee on

O. (2022). Analysis of volatile compounds, composition, and thermal behavior of coffee beans according to variety and roasting intensity. Foods, 11(19), 3146.

[12] **Al-Dalain, S. Y., Haddad, M. A., Parisi, S., Al-Tarawneh, M. A., & Qaralleh, H. (2020).** Determination of macroelements, transition elements, and anionic contents of commercial roasted ground coffee available in jordanian markets. Beverages, 6(1), 16.

[13] **Olechno, E., Puścion-Jakubik, A., Socha, K., & Zujko, M. E. (2021).** Coffee brews: are they a source of macroelements in human nutrition?. Foods, 10(6), 1328.

health. Maturitas, 75(1), 7-21.

[6] **Kamimori, G. H., Penetar, D. M., Headley, D. B., Thorne, D. R., Otterstetter, R., & Belenky, G. (2000).** Effect of three caffeine doses on plasma catecholamines and alertness during prolonged wakefulness. European journal of clinical pharmacology, 56, 537-544.

[7] **Dima Balas de Carvalho Couto, C., dos Santos, D. G., Oliveira, E. M. M., & Freitas-Silva, O. (2021).** Global situation of reference materials to assure coffee, cocoa, and tea quality and safety. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 143, 116381.

[8] **Trindade, A. C., Araújo, S. A., Amorim, F. A. C., Silva, D. S., Alves, J. P. S., Trindade, J. S., ... & Bezerra, M. A. (2020)**. Development of a method based on slurry sampling for determining Ca, Fe, and Zn in coffee samples by flame atomic absorption spectrometry. Food Analytical Methods, 13, 203-211.

[9]**Nzekoue, F. K., Angeloni, S., Navarini, L., Angeloni, C., Freschi, M., Hrelia, S., ... & Caprioli, G. (2020).** Coffee silverskin extracts: Quantification of 30 bioactive compounds by a new HPLC-MS/MS method and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities. Food Research International, 133, 109128.

[10] **Haaland, P. D. (2020).** Experimental design in biotechnology. CRC press.

[11] **Dippong, T., Dan, M., Kovacs, M. H., Kovacs, E. D., Levei, E. A., & Cadar,**