



Measurement of the specific Heat Capacity of Selected Fruits, Vegetables, and Juices Available in Gharyan City Markets Using the Method of Thermal Mixing

Rabia Alsini^{1*}, Fadia Alshitiyi², Nadia Alroba³

^{1,2,3}Department of Physics, Faculty of Science, Gharyan University, Gharyan, Libya.

قياس السعة الحرارية النوعية لبعض الفواكه والخضروات والعصائر المتداولة في أسواق مدينة غريان باستخدام طريقة الخلط الحراري

ربيعة السني^{1*}، فادية الشيتوي²، نادية الربيع³
^{1,2,3}قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة غريان، غريان، ليبيا.

*Corresponding author: baiansa@yahoo.com

Received: July 05, 2026

Accepted: September 15, 2026

Published: October 01, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract:

This study aims to determine the specific heat capacity of selected fruits, vegetables, and commonly consumed juices available in the markets of Gharyan City, Libya. The investigated samples including apple, orange, kiwi, cucumber, strawberry, Tomato, watermelon, pineapple juice, pear juice, fresh lemon juice, and natural rose geranium hydrosol extracted from Pelargonium graveolens by hydrodistillation. The measurements were carried out using the mixing calorimetry method based on the principles of energy conservation and thermal equilibrium. The experiments were conducted in the laboratories of the Faculty of Science, Gharyan University, the masses of the sample and water, together with their initial and final temperatures, of each sample was calculated using the standard calorimetric equations. The obtained results were compared with published values reported in previous studies to evaluate the accuracy of the measurements. The results showed good agreement with most of the reference values, with only minor differences that could be attributed to variations in moisture content, chemical composition, storage conditions, and sample processing. Among the investigated samples, kiwi exhibited the highest specific heat capacity, whereas zucchini showed the lowest value. The findings demonstrate that the mixing calorimetry method is a simple, practical, and reliable technique for determining the specific heat capacity of food materials. Furthermore, it can be effectively applied in educational and research laboratories as well as in studies related to food engineering, thermal processing, and food preservation.

Keywords: Specific Heat Capacity, Fruits, Vegetables, Juices, Calorimeter and Thermal Mixing Method.

الملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى تعيين السعة الحرارية النوعية لعدد من الفواكه والخضروات والعصائر الشائعة الاستهلاك، والمتداولة في أسواق مدينة غريان وهي: التفاح، البرتقال، الكيوي، والخيار والكوسة والفراولة والطماطم والبطيخ الأحمر إضافة إلى عصير الأناناس وعصير الكمثرى وعصير الليمون الطازج وماء العطر الطبيعي المستخلص من نبات العطر بعملية التقطير Pelargonium graveolens باستخدام طريقة الخلط في المسعر الحراري، اعتماداً على مبدأ حفظ

الطاقة والاتزان الحراري. أخذت العينات من أسواق الخضروات بمدينة غريان، وأجريت القياسات داخل مختبر قسم الفيزياء بكلية العلوم / جامعة غريان حيث خُددت كتل العينات والماء ودرجات حرارتها الابتدائية والنهائية، ثم حُسبت السعة الحرارية النوعية لكل عينة باستخدام العلاقات الحرارية المعروفة. كما قُورنت النتائج المتحصل عليها مع القيم المنشورة في الدراسات السابقة لتقييم دقة القياسات. أظهرت النتائج توافقاً جيداً مع معظم القيم المرجعية، مع وجود فروق محدودة يمكن إرجاعها إلى اختلاف المحتوى المائي والتركيب الكيميائي للعينات، بالإضافة إلى ظروف التخزين والمعالجة. وسجلت عينة الكيوي أعلى قيمة للسعة الحرارية النوعية، في حين سجلت عينة الكوسة أقل قيمة بين العينات المدروسة. وتؤكد نتائج الدراسة أن طريقة الخلط باستخدام المسعر الحراري تُعد وسيلة عملية وموثوقة لتعيين السعة الحرارية النوعية للمواد الغذائية على الرغم من بساطتها، كما يمكن الاعتماد عليها في التطبيقات التعليمية والبحثية، وفي الدراسات المرتبطة بالهندسة الغذائية، وعمليات المعالجة الحرارية، وحفظ الأغذية.

الكلمات المفتاحية: السعة الحرارية النوعية، الفواكه، الخضروات، العصائر المصنعة، المسعر الحراري، طريقة الخلط.

المقدمة:

السعة الحرارية النوعية هي خاصية فيزيائية مهمة لقياس قدرة المادة على تخزين الطاقة وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة بمقدار كلفن واحد، وتلعب هذه الخاصية دوراً مهماً وحيوياً في التطبيقات الصناعية، والهندسية خاصة في أنظمة التبريد والتجميد والتبخير. كما أن التطور السريع في الصناعات الغذائية المعاصرة يفرض فهماً دقيقاً للخواص الفيزيائية لهذه الصناعات بما يضمن تحسين استهلاك الطاقة، وتقليل التكاليف الإقتصادية للمصانع.

أجرى العديد من الباحثين دراسات متعددة لتحديد السعة الحرارية لبعض المواد حيث عمل سون وآخرون (2020) على السعة الحرارية النوعية لفحص الخصائص الترموفيزيائية للمياه النانوية وأجرى فيدي (2017) بحثاً حول السعة الحرارية النوعية باعتبارها كمية الحرارة التي يجب تزويدها أو سحبها من وحدة الكتلة لنظام ما لزيادة أو خفض درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة في عملية ترموديناميكية.

تتميز الفواكه والخضروات بتركيبها المعقد والمتباين حيث تتكون بشكل رئيسي من الماء والسكريات والأملاح والألياف الذائبة مما يجعل خواصها الحرارية تختلف باختلاف التركيب الكيميائي، ودرجة الحرارة، ويُعد القياس التجريبي المباشر الوسيلة الأكثر دقة لتوثيق السلوك الحراري لهذه المواد تحت ظروف التصنيع المختلفة، حيث تُسهم هذه البيانات المباشرة في تحسين تصميم المبادلات الحرارية وحساب أحمال التبريد والتجميد بدقة عالية.

بناءً على ما سبق، يهدف هذا البحث إلى تعيين السعة الحرارية النوعية لبعض الأطعمة مثل التفاح والكيوي والبطيخ الأحمر والخيار والكوسة وبعض العصائر كعصير الأناناس والليمون والكمثرى وأيضاً تم حساب السعة الحرارية النوعية لماء العطر المقطر من النبات العطري المسمى في ليبيا بالعطر، باستخدام طريقة الخلط، ودراسة تأثير تغيرات التركيب ودرجة الحرارة على القيمة المقاسة وذلك لتوفير بيانات مرجعية دقيقة تدعم عمليات المعالجة والتصنيع الغذائي.

إن إدراج الفواكه والخضروات في الوجبات السريعة من شأنه أن يحول هذا الطعام إلى طعام صحي (خالد 2011)، فالنظام الغذائي الذي يحتوي على الفواكه والخضروات يقلل من فرص الإصابة بأمراض ضغط الدم، ويقلل من أمراض القلب، والسكتة الدماغية، ويقلل من مشاكل العين والجهاز الهضمي، كما لها تأثير إيجابي على نسبة السكر بالدم.

الأساس النظري:

تُعرف الحرارة النوعية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة درجة مئوية واحدة، أو كلفن واحد دون حدوث تغير في حالتها الفيزيائية، وتُعد السعة الحرارية النوعية من أهم الخواص الحرارية للمواد، إذ تعبر عن قدرة المادة على امتصاص الطاقة الحرارية أو فقدها.

ويمكن حساب كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة من العلاقة:

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

حيث:

- Q كمية الحرارة (J)
 - m كتلة المادة (kg)
 - c السعة الحرارية النوعية (J/kg.k)
 - ΔT مقدار التغير في درجة الحرارة ($^{\circ}C$ or k)
- حسب مبدأ حفظ الطاقة، فإن كمية الحرارة المفقودة من الجسم الصلب تساوي كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء والمسعر الحراري، لذلك يمكن كتابة العلاقة التالية:

$$m_s C_s \Delta T_s = m_c C_c \Delta T_c + m_w C_w \Delta T_w \quad (2)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة السابقة نحصل على العلاقة المستخدمة لحساب السعة الحرارية النوعية للعينة:

$$C_s = \frac{m_c C_c \Delta T_c + m_w C_w \Delta T_w}{m_s \Delta T_s} \quad (3)$$

حيث:

- m_s = كتلة الجسم الصلب
- C_s = السعة الحرارية النوعية للجسم الصلب
- ΔT_s = التغير في درجة حرارة الجسم الصلب
- m_c = كتلة المسعر
- ΔT_c = التغير في درجة حرارة المسعر
- C_c = السعة الحرارية النوعية للمسعر
- m_w = كتلة الماء
- C_w = السعة الحرارية النوعية للماء
- ΔT_w = التغير في درجة حرارة الماء

طريقة الخلط الحراري:

تعد طريقة الخلط الحراري من الطرق الكلاسيكية والأساسية المستخدمة على نطاق واسع لقياس السعة الحرارية النوعية للمواد المختلفة، تتميز هذه الطريقة ببساطتها وكفاءتها، إذ أنه يمكن إجراؤها في المعامل الأكاديمية والمختبرات المتقدمة باختلاف مستويات التجهيز. وتعتمد دقة النتائج المقاسة بصفة رئيسية على تكرار القياسات، وحساب متوسط النتائج، والحد من الفقد الحراري للوسط المحيط.

المبدأ الفيزيائي لطريقة الخلط:

تعتمد هذه الطريقة على القانون الأول للديناميكا الحرارية (مبدأ حفظ الطاقة) في نظام مغلق ومعزول حرارياً باستخدام المسعر الحراري (Calorimeter) بالإضافة إلى مبدأ التوازن الحراري بين مادتين مختلفتين في درجة الحرارة (القانون الصفري للديناميكا الحرارية)، فالحرارة شكل من أشكال الطاقة، وبالتالي عند خلط مادتين مختلفتين في درجتَي حرارتهما داخل المسعر فإن المادة التي درجة حرارتها أعلى تفقد كمية من الحرارة تكتسبها المادة التي درجة حرارتها أقل، والوسط المحيط الذي يمثل المسعر في هذه الحالة، أي أن كمية الحرارة المفقودة تساوي تماماً كمية الحرارة المكتسبة. بناءً على ذلك يتم تحديد التغير في كمية الحرارة بصورة غير مباشرة عن طريق قياس التغير في درجة حرارة السائل (الماء) والوسط المحيط. [1]

كما تلعب جودة المسعر الحراري وعزله الحراري دوراً جوهرياً في تقليل التسريب الحراري وتعزيز دقة القياسات. يبين الشكل (1) المسعر الحراري المستخدم لحساب السعة الحرارية النوعية في هذا البحث؛ حيث يتكون من وعاء داخلي معزول يصنع عادة من الألومنيوم أو النحاس، وغطاء عازل يوجد به فتحتان يوضح بإحدهما مقياس حراري (Thermometer)، ويوضع بالفتحة الأخرى. محرك عبارة عن ساق معدنية تُستخدم للتحريك والخلط لضمان انتقال الحرارة بين المسعر ومحتوياته ووصولها إلى التوازن الحراري ويُحاط الوعاء الداخلي بفراغ هوائي وطبقة سميكة من مادة عازلة لتقليل التبادل الحراري مع الوسط المحيط.



الشكل رقم (1): يوضح المسعر الحراري

ومن المهم ملاحظة أنه في هذه التجربة، كلما كان المسعر الحراري معزولاً بشكل أفضل، كانت النتائج أكثر دقة. ويُعد فقدان الحرارة بالتوصيل الحراري السبب الرئيسي لحدوث نسبة خطأ في القياس. [2]

المنهجية البحثية:

اعتمدت المنهجية التجريبية في هذه الدراسة على الخطوات التالية:

1. تنظيف العينات الصلبة وغسلها بالماء المقطر وتجفيفها، ثم تقطيعها وطحنها طحناً خفيفاً للحصول على عينات متجانسة قبل إجراء القياسات الحرارية. أما عينة ماء العطر فقد تم الحصول عليه من نبات العطر (Pelargonium graveolens) باستخدام طريقة التقطير المائي.
2. وزن المكونات: قيس كتل كل من المسعر والماء والعيّنات باستخدام ميزان الكتروني قبل بدء التجربة.
3. قياس درجة الحرارة: سُجلت درجات الحرارة الابتدائية للماء والمسعر والعينة، ثم قيس درجة الحرارة النهائية بعد وصول الجميع إلى حالة الاتزان الحراري.
4. التسخين: يوضع الماء بداخل وعاء المسعر ويسخن إلى درجة الحرارة المطلوبة قبل إجراء عملية الخلط، وبذلك يكون للماء والمسعر نفس درجة الحرارة الابتدائية، وتقاس أيضاً درجة الحرارة الابتدائية للعينة والتي تمثل في هذه الحالة درجة حرارة الغرفة.
5. الخلط السريع: تُوضع العينة بسرعة وبحذر شديد داخل المسعر الحراري لتقليل الفقد الحراري إلى الوسط المحيط، ثم تُخلط بواسطة المحرك مع الماء داخل المسعر.
6. الوصول للاتزان: بعد الخلط والتحريك يكون الجميع في حالة اتزان حراري، ثم تسجل درجة الحرارة النهائية للخليط.

الأدوات المستخدمة في التجربة:

1. المسعر الحراري **Calorimeter**: عبارة عن وعاء يُصنع من الألومنيوم أو محاط بمادة عازلة ووعاء خارجي لمنع تسرب الحرارة إلى الخارج.
2. مقياس حرارة زئبقي **Thermometer**: لقياس درجات الحرارة بدقة.
3. ميزان إلكتروني **Electronic Balance** لقياس كتل المسعر والمواد المستخدمة.
4. العينات قيد الدراسة.
5. سائل التبادل الحراري ويمثل في هذه التجربة الماء. حيث أن للسعة الحرارية النوعية معلومة القسمية وتساوي (c_w) $= 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$.

خطوات إجراء التجربة:

1. يتم قياس كتلة كل من المسعر والماء المقطر والعينة باستخدام الميزان الإلكتروني.
2. يتم قياس درجة الحرارة الابتدائية للعينة المراد إيجاد السعة الحرارية النوعية لها.
3. يوضع الماء المقطر بداخل وعاء المسعر ثم يسخن إلى درجة حرارة معينة، وغالباً ما يُسخن إلى درجة الغليان.
4. يوضع الوعاء بسرعة داخل المسعر الحراري ثم تسجل درجة الحرارة، وهي تمثل درجة الحرارة الابتدائية لكل من الماء والمسعر.

5. توضع العينة بسرعة داخل الماء الساخن، ويتم اغلاق المسعر بواسطة الغطاء فوراً لمنع فقد الحرارة إلى الوسط المحيط.

6. يتم تحريك الخليط برفق حتى الوصول إلى حالة التوازن الحراري، ثم تُسجل درجة الحرارة النهائية المشتركة.

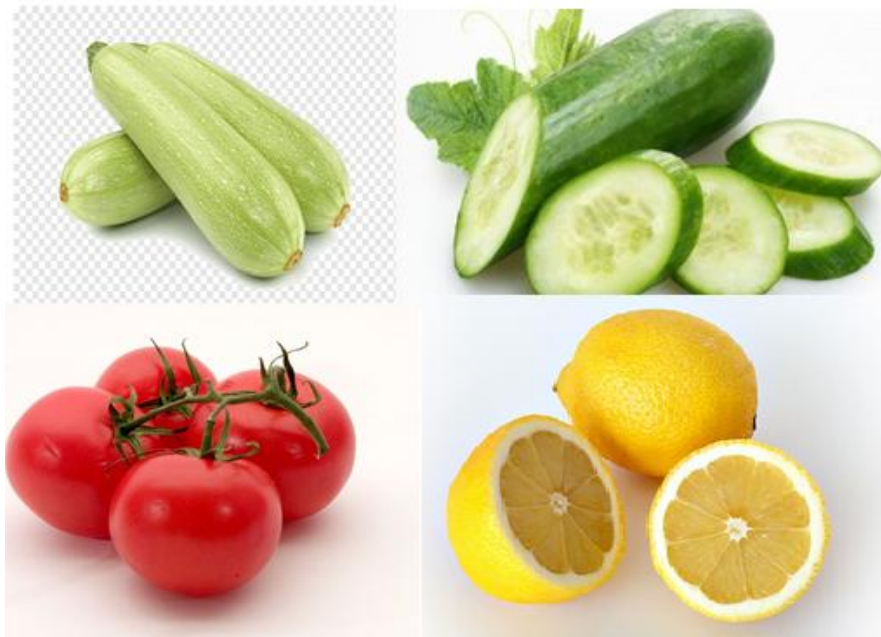
7. بالتعويض في المعادلة (3) عن قيمة الحرارة النوعية للماء والألومنيوم، وقيم الكتلة ودرجات الحرارة المسجلة نحصل على السعة الحرارية النوعية لكل عينة.

النتائج والحسابات:

في هذه التجربة تم استخدام مواد مختلفة تُباع بأسواق مدينة غريان كبعض الفواكه مثل البرتقال، الكيوي الفراولة، البطيخ الأحمر واخيراً التفاح، وبعض الخضروات مثل الطماطم والخيار والكوسة وبعض العصائر المصنعة محلياً من شركة الريحان كعصير الأناناس وعصير الخوخ، وأيضاً ماء العطر الطبيعي، وتوضح الاشكال (2) و (3) و (4) صور للعينات التي تم حساب السعة الحرارية النوعية لها.



الشكل رقم (2): الفواكه المستهدفة لحساب السعة الحرارية النوعية لها



الشكل رقم (3): الخضروات المستخدمة في هذه التجربة

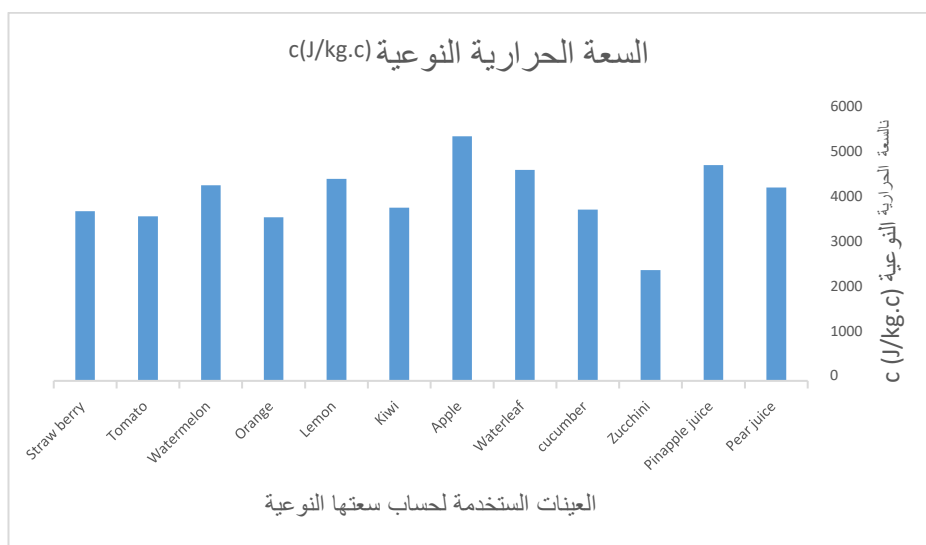


الشكل رقم (4): العصائر المتداولة في الأسواق والمستخدم في هذه التجربة لحساب السعة الحرارية لها

باتباع الخطوات السابقة تم الحصول على النتائج المسجلة بالجدول (1).

الجدول رقم (1): يوضح النتائج المتحصل عليها عند إجراء التجربة

Sample	m_s (g)	T_s (c°)	m_w (g)	T_w (c°)	T_f (c°)	c_s (J/Kg.c°)
Strawberry	25	27	68	62	52	3780
Tomato	35	23	45	73	51	3670
Watermelon	26	24	56	94	73	4360
Orange	64	20	109	82	61	3650
Lemon	46	22	158	82	67	4500
Apple	51	20	111	77	60	3860
Kiwi	33	20	132	81	66	5450
Pelargonium graveolens	46	27	160	72	61	4700
Cucumber	47	20	195	73	63	3820
Zucchini	55	16	228	66	60	2470
Pinapple juice	65	24	142	82	62	4810
Pear juice	55	24	100	82	61	4310



الشكل رقم (5): يوضح السعة الحرارية النوعية للعينات المدروسة

يتضح من الشكل البياني أن السعة الحرارية النوعية لمعظم العينات المدروسة كانت قريبة من $4000 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ، في حين سجلت بعض العينات قيماً أعلى من السعة الحرارية النوعية للماء النقي ($4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)، حيث بلغت أعلى قيمة ($5450 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)، لعينة الكيوي، التي قد تعزى إلى أخطاء تجريبية سنطرق لها لاحقاً، بينما سجلت عينة الكوسة أقل قيمة بلغت $2470 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$.

وتعتمد السعة الحرارية النوعية للمواد البيولوجية والأغذية بصورة رئيسية على عدة عوامل أساسية نذكر منها:

- **نسبة الرطوبة والمحتوى المائي:** حيث يُعد الماء المكون الرئيسي المؤثر في السعة الحرارية النوعية للأغذية، إذ يمتلك الماء النقي سعة حرارية نوعية مرتفعة جداً تُقدر بـ $4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ويرجع ذلك إلى قوة الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

- **ارتفاع السعة الحرارية:** تتميز العينات ذات المحتوى المائي المرتفع مثل التفاح والبطيخ بسعة حرارية نوعية أعلى مقارنة بالعينات الأقل احتواءً على الماء.

- **تركيب المواد الصلبة:** تمتلك المكونات الصلبة، مثل السكريات والألياف والبروتينات والدهون سعة حرارية نوعية أقل من الماء، ولذلك فإن زيادة نسبتها تؤدي غالباً إلى انخفاض السعة الحرارية النوعية للعينة.

- **التركيب الميكروبيولوجي والبنوي للعينة:** تختلف القيم بين الخضروات والفواكه والعصائر المصفاة تبعاً لاختلاف تركيبها الخلوي وطبيعة ارتباط الماء بالمصفوفة الخلوية، إضافة إلى اختلاف تراكيز السكريات والألياف، مما يؤدي إلى تباين السعة الحرارية النوعية بين العينات.

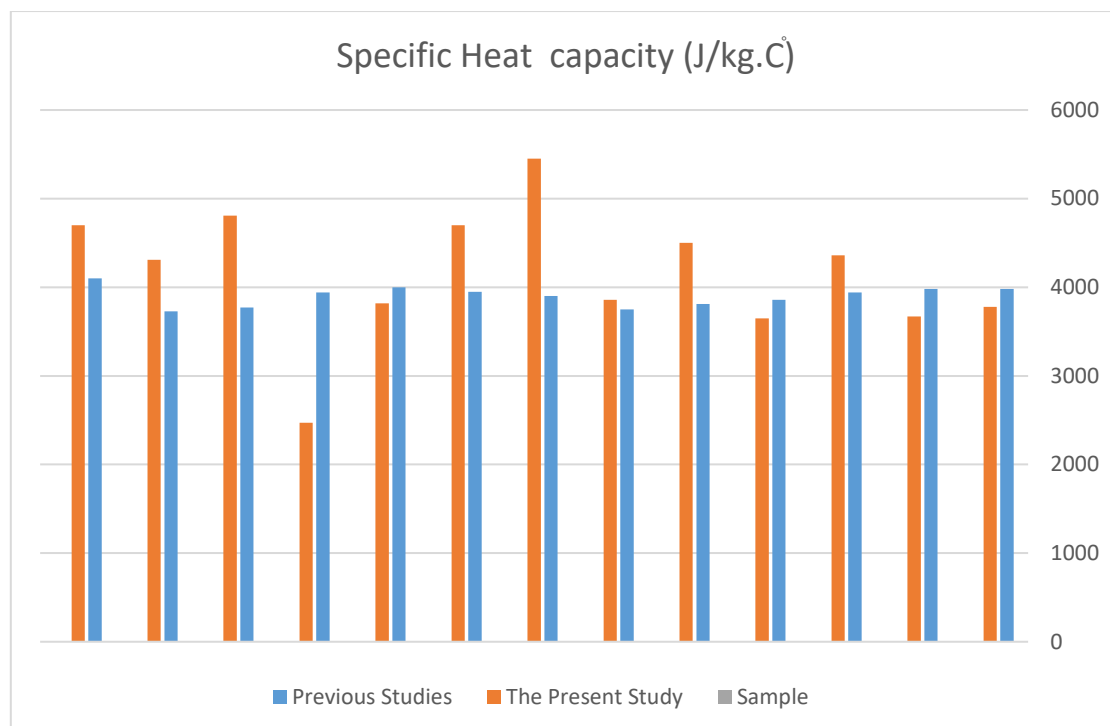
من المهم الإشارة إلى أن دقة النتائج تعتمد بدرجة كبيرة على جودة العزل الحراري للمسعر، إذ أن فقدان الحرارة إلى الوسط المحيط أثناء انتقالها يُعد أحد مصادر الخطأ في التجربة. كما قد تُسهم أخطاء قياس درجات الحرارة والكتل، وعدم الوصول إلى الاتزان الحراري الكامل، في حدوث انحرافات بين القيم المقاسة والقيم الحقيقية. لذلك يُنصح باستخدام ميزان حرارة رقمي عالي الدقة، وتحسين عزل المسعر لتقليل مصادر الخطأ وزيادة دقة النتائج.

مقارنة النتائج المتحصل عليها مع نتائج سابقة:

تمت مقارنة النتائج المتحصل عليها مع نتائج دراسات محلية ودولية سابقة، وأظهرت النتائج توافقاً عاماً مع القيم المنشورة، كما يتضح من الجدول (2). ويمكن تفسير الفروق الطفيفة بين القيم باختلاف عوامل متعددة، من أهمها طرق القياس والتجربة، إضافة إلى عوامل أخرى مثل نوع الصنف النباتي، والمحتوى المائي، ودرجة النضج، والظروف البيئية والزراعية، بما في ذلك نوع التربة وطرق الري والتسميد والتي قد تؤثر بصورة مباشرة في التركيب الكيميائي للعينات. أما بالنسبة للعصائر المصنعة، فإن اختلاف طرق التصنيع مثل التجفيف والتبريد بالإضافة إلى تركيز المواد الصلبة الذائبة والسكريات وتركيز الماء، يؤدي إلى اختلاف قيم السعة الحرارية النوعية مقارنة بالعصائر الطبيعية.

الجدول رقم (2): يبين القيم المتحصل عليها من الدراسة الحالية وقيم من دراسات سابقة [5]

Sample	The Present Study	Previous Studies
Strawberry	3780	3980
Tomato	3670	3980
Watermelon	4360	3940
Orange	3650	3860
Lemon	4500	3810
Apple	3860	3750
Kiwi	5450	3900
Waterleaf	4700	3950
Cucumber	3820	4000
Zucchini	2470	3940
Pinapple juice	4810	3770
Pear juice	4310	3730
Pelargonium graveolens	4700	4100



شكل رقم (6): مقارنة بين قيم السعة الحرارية النوعية في الدراسة الحالية ونظيراتها في الدراسات السابقة.

الخاتمة:

خلصت هذه الدراسة إلى أن طريقة الخلط تُعد وسيلة مناسبة لتحديد السعة الحرارية النوعية للمواد الغذائية، لما تتميز به من البساطة وسهولة التطبيق والاعتماد على مبدأ الاتزان الحراري، وظهرت النتائج توافقاً عاماً مع القيم الواردة في الدراسات السابقة، مع وجود فروق محدودة بين بعض العينات يمكن تفسيرها باختلاف طبيعة العينات والظروف التجريبية، وتبرز أهمية هذه النتائج في إمكانية الاستفادة منها في تصميم عمليات التسخين والتبريد والتجفيف، وتحسين كفاءة العمليات الصناعية والغذائية التي تعتمد على الخصائص الحرارية للمواد.

ويوصى بإجراء دراسات مستقبلية باستخدام مسعر ذي كفاءة عزل أعلى، وزيادة عدد العينات، ومقارنة النتائج بطرق قياس حرارية أخرى، بهدف تحسين دقة القياسات وتوسيع قاعدة البيانات الخاصة بالسعة الحرارية النوعية للمواد الغذائية.

قائمة المراجع:

1. د. محمد سليمان، د. أحمد عبد العظيم، الفيزياء العامة للمختبرات والمعاهد العليا؛ (الجزء الأول: الحرارة والديناميكا الحرارية)؛ القاهرة: دار الفكر العربي.
2. Serway, R.A., & Jewett, J. W. (2018). Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (10th ed.) Cengage Learning.
3. Ma, B., Zhou, X., Liu, J., You, Z., Wei, K., & Huang, X. (2016). Determination of Specific Heat Capacity on Composite Shape-Stabilized Phase Change Materials and Asphalt Mixtures by Heat Exchange System. Materials, 9(5), 389.
4. Zalba, B., Marín, J. M., Cabeza, L. F., and Mehling, H. (2003). Review on Thermal Energy Storage with Phase Change: Materials, Heat Transfer Analysis and Applications. Applied Thermal Engineering, 23(3), 251-283.
5. Feidt, M. (2017). Finite Physical Dimensions Optimal Thermodynamics 1. First Edition, Elsevier, United Kingdom. Pp1-41.
6. Sun, C., Zhou, R., Zhao, Z., and Bai, B. (2020). Nanoconfined Fluids, What Can We Expect from Them? Journal of Physical Chemical Letters, Pp 4678–4692.
6. Umair, M., Jabeen, S., Ke, Z., Jabbar, S., Javed, F., Abid, M., Rehman, K.U., Ji, Y., Korma, S.A., El-Hack, M.E.A., Zhao, L., Cacciotti, I., Lima, C.M.G. and Conte-Junior, C.A. (2022). Thermal treatment alternatives for enzymes inactivation in fruit juices: Recent breakthroughs and advancements. Ultrasonics Sonochemistry, 86, 105999.

7. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105999>.
8. Wang, L.R., Jin, Y. and Wang, J.J. (2022). A simple and low-cost experimental method to determine the thermal diffusivity of various types of foods. *American Journal of Physics*, 90(8), 568-572. <https://doi.org/10.1119/5.0087135>.
9. Božiková, M., Híreš, L., Valach, M., Malínek, M. and Mareček, J. (2017). Basic Thermal Parameters of Selected Foods and Food Raw Materials. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65(2), 391-400. <https://doi.org/10.11118/actaun201765020391>
10. Khalid, U., Nosheen, F., Asif Raza, M., Ishaque, M., Ahmad. M., Ahmad, S. R. and Rubab, F. (2011). A Comparative Study about the Daily Intake of Fruits and Vegetables among Female Students of Two Universities of Faisalabad. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(7), 684-689
11. Sun, C., Zhou, R., Zhao, Z., and Bai, B. (2020). Nanoconfined Fluids, What Can We Expect from Them? *Journal of Physical Chemical Lettuce*, Pp 4678–4692