



Impatto delle ondate di calore marine su granchi *Carcinus maenas*:  
meccanismi fisiologici e biochimici della resilienza da stress termico

Arrigo F., Cunha M., Vieira H.C.

2025

# Introduzione

- **Ondate di calore marine (MHW)**, una minaccia per:
  - **struttura e resilienza** degli **ecosistemi marini**
  - alterazione di **distribuzione e abbondanza** delle **specie**
  - **mortalità diffuse** (soprattutto tra gli organismi sessili)
- Per i crostacei, in particolare i **granchi**:
  - modificano **fisiologia e comportamento**: metabolismo, crescita, riproduzione e sopravvivenza
  - anche eventi vitali: **muta e riproduzione**
  - li spingono a rifugiarsi in acque più fresche
    - **+ sovraffollamento e competizione** (+ stress)

# Introduzione

- *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758):
  - “granchio di scoglio” o “granchio verde europeo” (Europa atlantica)
  - **invasivo** (tra i 100 peggiori al mondo, IUCN)
  - **plasticità fenotipica**, dieta onnivora diversificata
  - **ampia tolleranza a T e salinità**
- Scopo dello studio sperimentale:
  - valutare gli **effetti** di una **MHW acuta** su **maschi** e **femmine**
  - tramite analisi di **branchie**, **gonadi** ed **epatopancreas**
  - indagati biomarcatori energetici (proteine **PROT**, glicogeno **GLY**)
    - enzimi antiossidanti (superossido dismutasi **SOD**, catalasi **CAT**, glutazione reduttasi **GR**)
    - perossidazione lipidica (**LPO**)
    - attività dell'acetilcolinesterasi (**AChE**, indicatore di disturbi neurologici)

# Materiali e metodi - Campionamento e progetto sperimentale

- *Carcinus maenas* prelevati a maggio 2023 nella Ria de Aveiro (Portogallo)
  - portati al **laboratorio** in contenitori con **acqua di sito**
  - 2 settimane di **acclimatazione**
  - **7 maschi maturi** (largh. carapace: CW=37-49 mm)
  - **7 femmine mature non ovigere** (CW=35-44 mm)

per ciascun scenario di T:

- **Controllo (CTL): 17 °C** ( $\cong$  T media locale  $\approx$  16,3 °C)
- **MHW (17-23-17 °C)**:
  - 1) **incremento di 2 °C al giorno** fino a 23 °C
  - 2) **mantenimento a 23 °C per 7 giorni**
  - 3) **riduzione di 2 °C al giorno** fino a 17 °C

Si evita così shock termico e si replicano i rapidi cambiamenti tipici delle MHW.

**Intensità** (23 °C) e **durata** (14 giorni) della MHW scelte in base a:

- studi recenti

- **bassa intensità** osservata lungo la **costa portoghese**

(T di **22-23 °C** delle MHW tipiche di acque temperate e subtropicali)

# Materiali e metodi - Campionamento e progetto sperimentale

- Durante i **14 giorni**: monitorati quotidianamente **mortalità e muta**
- Al termine dell'esp.: granchi pesati (precisione di 0,01 mg), sacrificati con ghiaccio e sezionati  
(**epatopancreas, branchie, gonadi**)
  - **Indice epatosomatico (HSI %)** = (peso umido epatopancreas/peso totale) · 100
  - **Indice gonadosomatico (GSI %)** = (peso umido gonadi (m o f)/peso totale) · 100
- Branchie ed epatopancreas sono stati congelati a -80 °C per successive analisi biochimiche

# Materiali e metodi - Prep. omogenati e parametri biochimici

- Analizzati sette parametri nella **frazione citosolica** di **branchie** ed **epatopancreas**
- Preparazione del campione:
  - i **tessuti** sono stati **omogeneizzati** (TissueLyser II; 20 s<sup>-1</sup>, 90 s)  
**centrifugati** (20 min a 10 000 g a 4 °C)
  - **frazione citosolica** è stata **prelevata** e **conservata** a **-80 °C**
- Quantificazione:
  - **GLY** e **PROT** per **contenuto energetico** [mg g<sup>-1</sup> FW]
  - **SOD** (superossido dismutasi), **CAT** (catalasi) e **GR** (glutazione reduttasi) per **capacità antiossidante** [U g<sup>-1</sup> FW]
  - **LPO** (perossidazione lipidica) come indicatore del **danno cellulare** [nmol MDA g<sup>-1</sup> FW]
  - **AChE** (acetilcolinesterasi) come misura di **neurotossicità** [nmol min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> FW]
- (Risultati normalizzati al peso fresco del tessuto (FW) per evitare variazioni per differenze nella concentrazione proteica)

# Risultati - Alterazioni fisiologiche

**Table 1**

Mean weight (g), carapace width (mm), gonadosomatic index and hepatosomatic index (%) in *Carcinus maenas* males and females exposed to a control temperature ( $17 \pm 1$  °C) and a MHW scenario (17-23-17 °C) for 14 days. Data are presented as means  $\pm$  standard deviation.

	Males		Females	
	Control	MHW	Control	MHW
Mean weight	19.09 $\pm$ 6.6	19.41 $\pm$ 1.70	14.27 $\pm$ 3.21	17.77 $\pm$ 3.30
Carapace width	41.43 $\pm$ 5.25	43.49 $\pm$ 1.03	38.68 $\pm$ 2.43	40.76 $\pm$ 2.36
Gonadosomatic index (GSI)	0.30 $\pm$ 0.31	0.50 $\pm$ 0.11	0 <sup>a</sup>	1.94 $\pm$ 0.5
Hepatosomatic index (HSI)	3.65 $\pm$ 1.89	3.80 $\pm$ 1.38	5.56 $\pm$ 1.71	3.98 $\pm$ 1.54

<sup>a</sup> Since control females did not differentiate the ovary the GSI is zero.

No differenze signific.  
gr. controllo e gr. MHW:

- **Maschi:**
  - no mortalità, muta o differenze di peso
  - epatopancreas: giallo 42% e marrone 58%
  - sistemi riproduttivi ben sviluppati



Fig. 1. A: Male of *Carcinus maenas* showing developed vas deferens (VD); B: Female of *Carcinus maenas* (MHW-treatment) showing developed orange ovary (OV), hepatopancreas (HEP) and gills (G).

- **Femmine:**
  - no mortalità, muta o differenze di peso
  - epatopancreas giallo o marrone
  - ricettacoli seminali sviluppati (42,8% delle femmine totali)
  - 3 (42,8%) MHW: un ovario sottile arancione

# Discussione - Alterazioni fisiologiche

- Dopo 14 gg: - **femmine CTL (17 °C)** → **non** hanno sviluppato l'**ovario**
  - **50%** delle **femmine MHW** → hanno sviluppato l'**ovario**
  - ⇒ **risposta metabolica veloce** e **deviazione energetica** → crescita degli **oociti**
- **maschi MHW** → **GSI più alto** (accumulazione accelerata di **secrezioni** nei **vasi deferenti**)
- **HSI no differenze** in nessun caso di T e sesso  
(proxy per la funzionalità dell'epatopancreas, principale organo metabolico con ruolo fisiologico integrativo  
→ monitor per lo stato di salute e le condizioni nutrizionali dei decapodi)

(Necessarie ulteriori analisi con lunga esposizione per capire l'impatto globale delle MHW sulla riproduzione e sull'epatopancreas a livello cellulare)

# Risultati - Alterazioni biochimiche

## Riserve energetiche

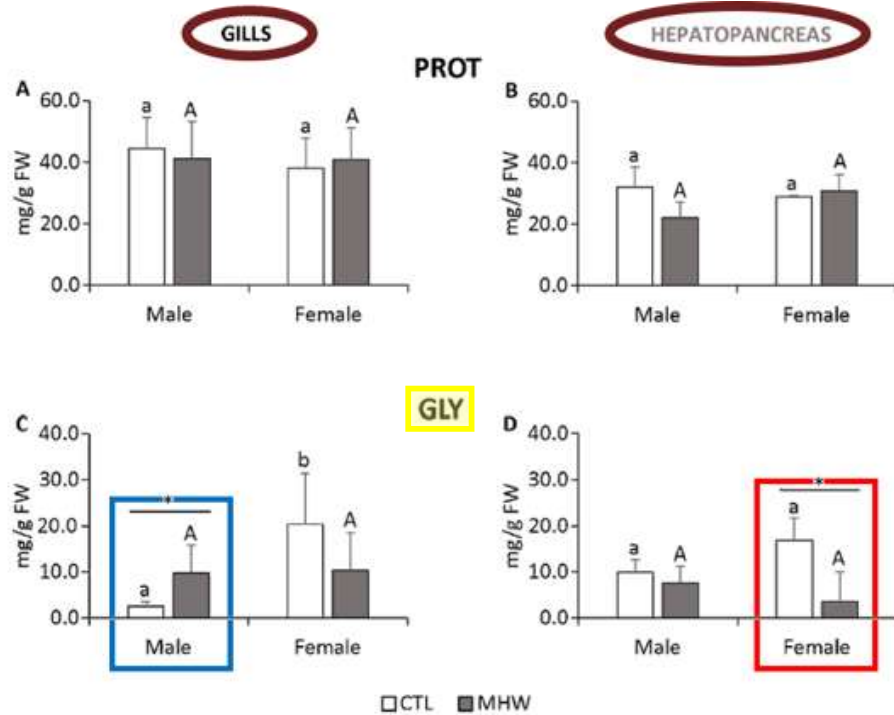


Fig. 2. Protein (PROT) concentration in gills (A) and hepatopancreas (B) and glycogen (GLY) concentration in gills (C) and hepatopancreas (D) of *Carcinus maenas* exposed to different treatments (CTL-17 °C; MHW). Results are reported as mean ±SD. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between CTL and MHW in males and females are represented with an asterisk. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between males and females are represented with lowercase letters for CTL and uppercase letters for MHW.

## Capacità antiossidante

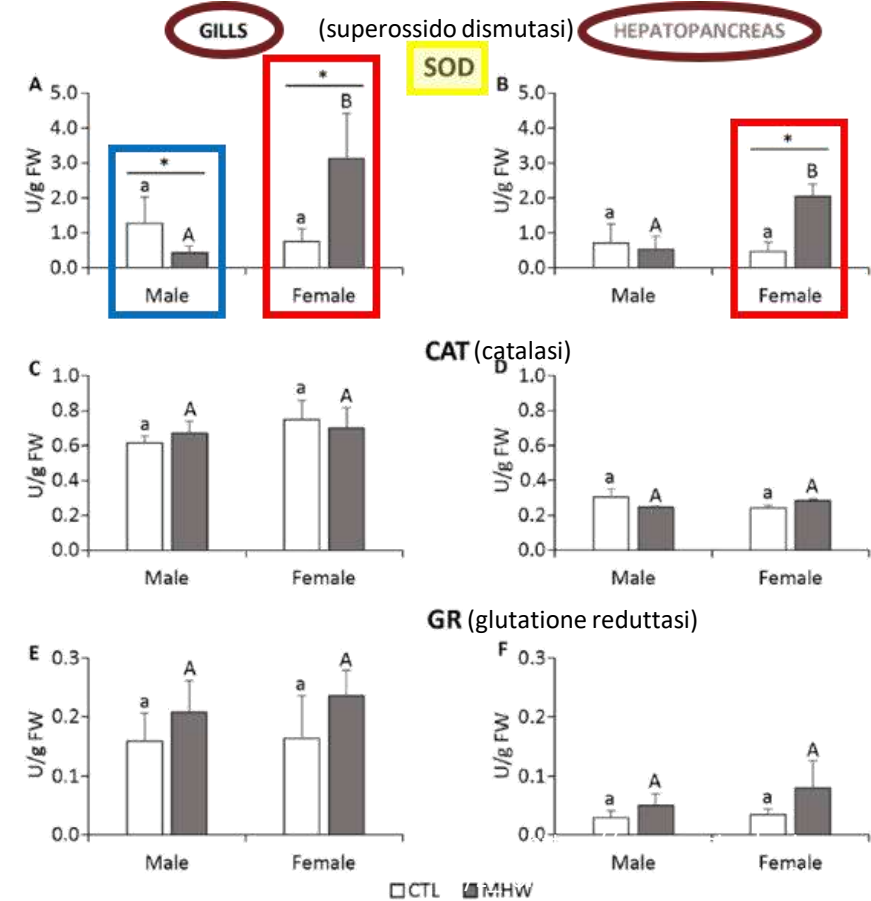


Fig. 3. Superoxide dismutase (SOD) activity in gills (A) and hepatopancreas (B); catalase (CAT) activity in gills (C) and hepatopancreas (D) and glutathione reductase (GR) activity in gills (E) and hepatopancreas (F) of *Carcinus maenas* exposed to different treatments (CTL-17 °C; MHW). Results are reported as mean ±SD. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between CTL and MHW in males and females are represented with an asterisk. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between males and females are represented with lowercase letters for CTL and uppercase letters for MHW.

# Risultati - Alterazioni biochimiche

## Danni cellulari

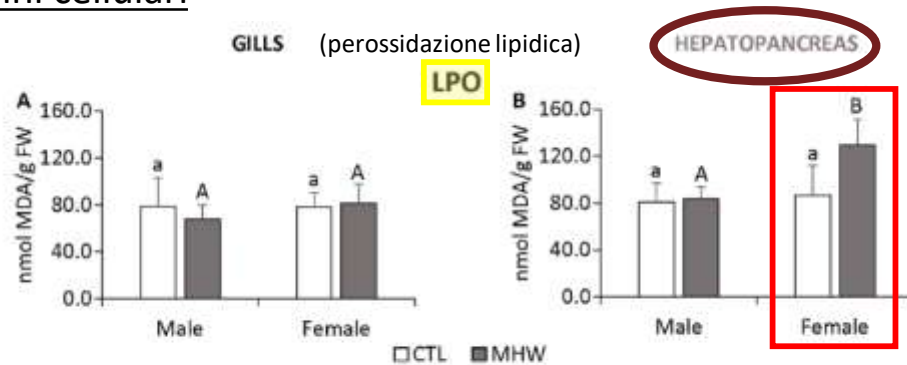


Fig. 4. Lipid peroxidation (LPO) levels in gills (A) and hepatopancreas (B) of *Carcinus maenas* exposed to different treatments (CTL-17 °C; MHW). Results are reported as mean  $\pm$  SD. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between CTL and MHW in males and females are represented with an asterisk. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between males and females are represented with lowercase letters for CTL and uppercase letters for MHW.

## Neurotossicità

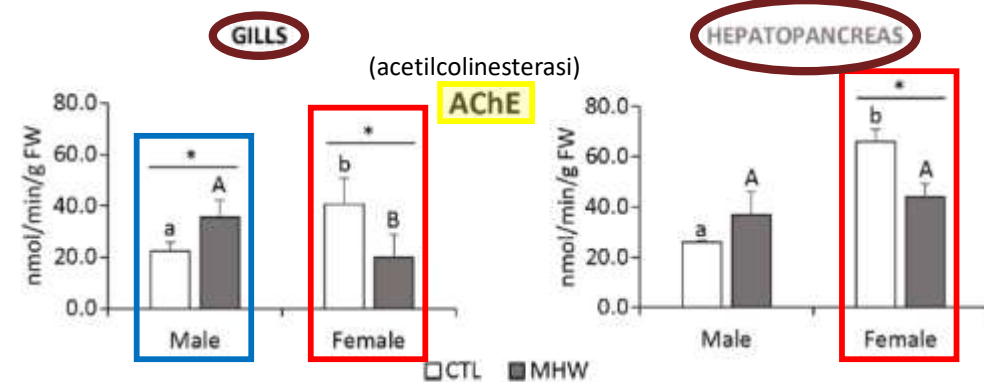


Fig. 5. Acetylcholinesterase (AChE) activity levels in gills (A) and hepatopancreas (B) of *Carcinus maenas* exposed to different treatments (CTL-17 °C; MHW). Results are reported as mean  $\pm$  SD. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between CTL and MHW in males and females are represented with an asterisk. For each organ (gills and hepatopancreas) and biochemical responses, significant differences ( $p < 0.05$ ) between males and females are represented with lowercase letters for CTL and uppercase letters for MHW.

# Discussione - Alterazioni biochimiche

Durante uno stress termico acuto (MHW)

- Risposte sesso-specifiche → differenti strategie di allocazione dell'energia
  - le **femmine** potrebbero **consumare** il **GLY** per i **processi riproduttivi** o altre **funzioni critiche**
  - le **femmine** potenziano le **difese antiossidanti** (SOD e GR)
  - **ma** subiscono una **riduzione** dell'**attività di AChE** → **potenziali danni neurologici**
  
  - i **maschi** **accumulano il GLY** come riserva en. e mostrano una **risposta antiossidante limitata**
- Comunque: **prevenuti danni ossidativi ai lipidi** durante la breve esposizione alla **MHW**
  - mantenimento dell'**integrità delle membrane cellulari** (sia m. sia f.)

# Conclusioni

- La differenziazione organo-specifica e sessuale evidenzia l'importanza di considerare sia gli **adattamenti** degli **organi** sia quelli legati al **sex** quando si valutano gli **impatti climatici** sugli **invertebrati marini**.
- Lo studio, pur **limitato** a un **breve periodo**, a un'unica temperatura (**23 °C**) e a un **piccolo campione**
  - fornisce **indicazioni ecologiche utili** per future **ricerche**, per la **gestione conservativa** e per gli obiettivi di **sostenibilità** legati al **clima** e alla **vita sott'acqua**.

Thank you  
for your attention

# Bibliography

- Arrigo F., Cunha M., Vieira H.C., Soares A. M.V.M., Faggio C., González-Pisani X., López Greco L., Freitas R. (2025). *Impact of marine heatwaves on Carcinus maenas crabs: Physiological and biochemical mechanisms of thermal stress resilience*. Marine Environmental Research 208 (2025) 107126  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107126>