

項目名稱

納米珍珠粉在排毒及抗氧化功能上的產品研發 FEF2023004A

行政摘要

目的：

本項目利用用小鼠測試，透過分子生物學的方法提供大量證據，證明納米珍珠粉在小鼠模型中對重金屬物質的解毒具有健康益處。並使用體內模型檢測納米珍珠粉的抗氧化潛力。

背景：

本研究探討納米珍珠粉的保健功效，特別是在其解毒和抗氧化方面的潛力。天然植物化合物因其低副作用和良好療效而被廣泛研究，但仍面臨穩定性和生物利用度等挑戰。納米技術的應用可改善這些問題，增強藥物的靶向輸送和釋放效果。珍珠粉作為傳統保健品，具有消炎和解毒功能，但系統性研究仍不足。本研究旨在通過動物模型證明納米珍珠粉的抗氧化能力以及對鋁、鉛和水銀等重金屬的解毒作用，為天然產品在治療藥物中的應用提供科學支持。

結果：

在此研究中，我們利用小鼠實驗及 4 種不同測定方法，包括：鐵還原抗氧化能力 (FRAP) 測定、氧還原抗氧化能力 (ORAC) 測定、脂質過氧化 (MDA) 測定、Trolox 等效抗氧化能力 (ABTS) 測定，來測定珍珠粉和納米珍珠粉的具有顯著抗氧化和保護作用。以下是我們取得的部分成果：

FRAP 實驗顯示，在血清、肝臟、肺臟、脾臟、心臟、腦部和腎臟等多種組織類型中，治療組的 FRAP 值顯著高於對照組。

TEAC 實驗顯示，治療組的血清和多個器官（肝、肺、脾、心、腦和腎）中的抗氧化劑水平增加，接受納米珍珠粉治療的小鼠血清和肝臟萃取物中的 TEAC 值特別高。

MDA 實驗顯示，在多個組織中觀察到脂質過氧化(MDA)水平降低，特別是治療組的血清、肝臟和腎臟。納米珍珠粉治療組的 MDA 水平始終較低，說明納米製劑在增強抗氧化治療功效方面。

在 ORAC 試驗中，樣品的抗氧化能力以 Trolox 當量表示。ORAC 檢測結果卻是參半。治療組的心臟組織萃取物有顯著改善，而肺和脾臟沒有表現出顯著變化。

在評估珍珠粉及納米珍珠粉對汞、鉛及鋁的解毒效果的結果顯示，兩種配方均能顯著促進重金屬的排出，降低血清水平，並改善腎功能及肝酶標誌物，突顯其作為螯合劑的功效。其中納米珍珠粉的解毒效率略高於普通珍珠粉，顯示出更強的護肝護腎效果。

結論：

總結而言，本研究結果突顯珍珠粉及納米珍珠粉作為強效抗氧化及解毒劑的雙重效益。它們在減少氧化壓力、螯合重金屬的同時能保護腎肝功能，使其成為極具前景的治療用品。納米珍珠粉憑藉其更強的功效，在推進膳食補充及預防保健策略方面特別具有發展潛力。

項目概要

本項目旨在通過小鼠模型研究納米珍珠粉對重金屬解毒及抗氧化的健康益處。利用分子生物學方法，實驗顯示納米珍珠粉能顯著促進汞、鉛及鋁的排出，降低血清水平，改善腎功能和肝酶標誌物，證明其作為有效螯合劑的潛力。此外，納米珍珠粉在多種組織中展現出強大的抗氧化能力。這些結果顯示，納米珍珠粉在減少氧化壓力及提升健康方面具有顯著益處，為其應用於治療藥物提供了科學支持。

項目背景

自古以來，人類廣泛運用植物天然產物作為藥物，以治療各種疾病。天然產物具備獨特優勢，例如其化學結構多樣性高、具備針對性的化學及生物特性，以及低毒性等特點，令其成為開發新藥的重要線索。現時科研人員正篩選天然化合物，以治療多種主要疾病，包括癌症、糖尿病、心血管疾病、發炎及微生物疾病等。這主要由於天然藥物具備低副作用、價格相宜及療效理想等優點。然而，使用天然物料亦面對不少挑戰，包括體內穩定性、生物利用度、溶解度、體內吸收、靶向輸送及可能出現的藥物副作用等問題。在眾多解決方案中，納米技術近年取得重大突破，特別在改善生物利用度、溶解度、體內吸收、藥物釋放及輸送等方面發揮重要作用。

納米技術透過在不同科研領域應用納米結構及納米相，成功打通生物及物理科學的障礙，當中以納米醫學及納米藥物輸送系統最受關注。納米粒子由原子或分子層面製成，其尺寸介乎 1 至 100 納米之間。由於體積細小，納米粒子能比一般物料更自由地在體內游走。納米結構可將藥物包裹或連接其他治療劑，實現更精準的靶向輸送及控制釋放。納米醫學近年備受關注，第一代納米粒子療法（包括脂質體及微胞等脂質系統）已獲美國食品及藥物管理局（FDA）批准。納米藥物展現獨特的腸道吸收特性，令其口服生物利用度較高。納米結構在血液循環系統中能維持較長時間，因此可減少血漿濃度波動及副作用。這些結構由於尺寸細微，能滲透組織系統、促進細胞攝取、有效輸送及確保在目標位置發揮功效。

珍珠粉是傳統保健品及礦物藥材，數百年來在多個國家用作保健及治療各種疾病。珍珠粉亦用作美容、抗衰老及促進傷口癒合。傳統上，藥用珍珠會壓碎成粉末，以提高成分的生物利用度。在中醫藥中，珍珠粉具有消炎、解毒及安神作用。在印度阿育吠陀醫學中，珍珠粉則用作解毒劑。儘管珍珠粉使用已久，並在多國用於醫療及美容，但全球實驗室對珍珠粉功效的系統性研究仍然不足。顯然，納米珍珠粉萃取物的保健功效仍有很大研究空間。本研究基於過去兩年的研究成果，進一步將珍珠粉納米化，以改善其生物利用度、溶解度及體內吸收等功能，從而提升納米珍珠粉在食物鏈中的積累、對金屬毒素的解毒保護作用及抗氧化功效。

時至今日，天然化合物仍然是治療藥物研究的重點，大部分天然化合物的潛力有待進一步發掘。本研究旨在評估納米珍珠粉的保護作用及探討其可能機制。這些功能主要由中醫及阿育吠陀醫學的鄉村醫師使用，缺乏或只有有限的研究支持。深入研究納米珍珠粉的解毒生理功能及其在動物模型中的抗氧化特性，將為開發更多天然產物作為治療藥物鋪路。最常見的有毒金屬如鋁、鉛及水銀等，會透過食物網進入人體。金屬積累可導致神經毒素、阿茲海默症、腦部及腎臟疾病等。自由基在誘導脂質、蛋白質及 DNA 氧化方面扮演關鍵角色，並引致不良健康影響。本研究將通過動物模型，直接提供科學證據，證明納米珍珠粉能解除積聚的金屬毒素，並作為治療配方中的新型納米粒子製劑。本項目擬研究口服納米珍珠粉在解毒及促進健康方面的功效，特別是研究納米珍珠粉對鋁、鉛及水銀等化學物的解毒作用。這些化學物已知會對人體造成嚴重健康問題，而且容易透過日常飲食水中攝入體內。本項目目標是在小鼠模型中，就納米珍珠粉對這些重金屬/化學物的解毒保健功效提供實質證據，並以活體模型測試納米珍珠粉的抗氧化潛力。

實驗過程圖片

1.a)





粉碎

粗磨

高能量研磨

1.b) 珍珠貝殼從原料到納米級珍珠粉



Pearl shell from raw material to final nano-particle

1.c)

Sample Name: shell 1
 SDP Name: mansettings nano
 File Name: Seashell.dts
 Record Number: 7
 Material Rt: 1.59
 Material Absorbion: 0.010

Dispersant Name: ethanol
 Dispersant Rt: 1.360
 Viscosity (cP): 1.0740
 Measurement Date and Time: 2024年4月2日 11:19:09

Temperature (°C): 25.0
 Count Rate (kcps): 200.2
 Cell Description: Disposable sizing cuvette

Duration Used (s): 80
 Measurement Position (mm): 4.65
 Attenuator: 9

Size (d.nm)	% Number	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 983.4		
Pd: 0.356		
Intercept: 0.897		
Peak 1: 775.5	100.0	163.2
Peak 2: 0.000	0.0	0.000
Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality : Good

Sample Name: shell 2
 Record Number: 8

Results Table

Size d.nm	Intensity Percent	Size d.nm	Intensity Percent
0.4000	0.0	68.06	0.0
0.4632	0.0	78.82	0.0
0.5365	0.0	91.28	0.0
0.6213	0.0	105.7	0.0
0.7195	0.0	122.4	0.0
0.8332	0.0	141.8	0.0
0.9649	0.0	164.2	0.0
1.117	0.0	190.1	0.0
1.294	0.0	220.2	0.0
1.499	0.0	255.0	0.0
1.736	0.0	295.3	0.0
2.010	0.0	342.0	0.0
2.328	0.0	396.1	0.0
2.696	0.0	457.7	0.0
3.122	0.0	531.2	0.0
3.615	0.0	615.1	0.0
4.187	0.0	712.4	2.3
4.849	0.0	825.0	12.2
5.615	0.0	955.4	22.3
6.503	0.0	1106	25.9
7.531	0.0	1281	21.4
8.721	0.0	1484	12.2
10.10	0.0	1719	3.7
11.70	0.0	1990	0.0
13.54	0.0	2305	0.0
15.69	0.0	2669	0.0
18.17	0.0	3091	0.0
21.04	0.0	3580	0.0
24.36	0.0	4145	0.0
28.21	0.0	4801	0.0
32.67	0.0	5560	0.0
37.84	0.0	6439	0.0
43.82	0.0	7456	0.0
50.75	0.0	8635	0.0
58.77	0.0	1.000e4	0.0

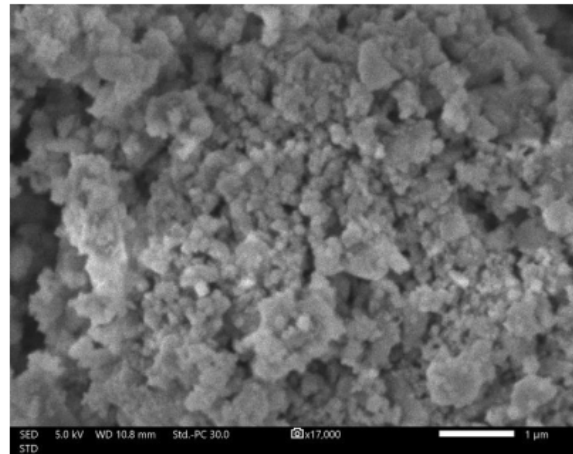
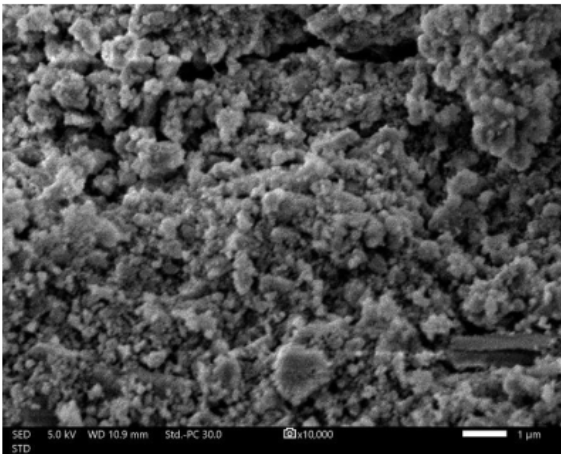
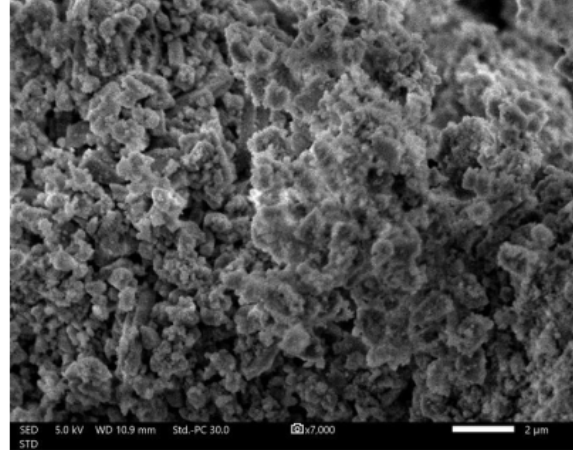
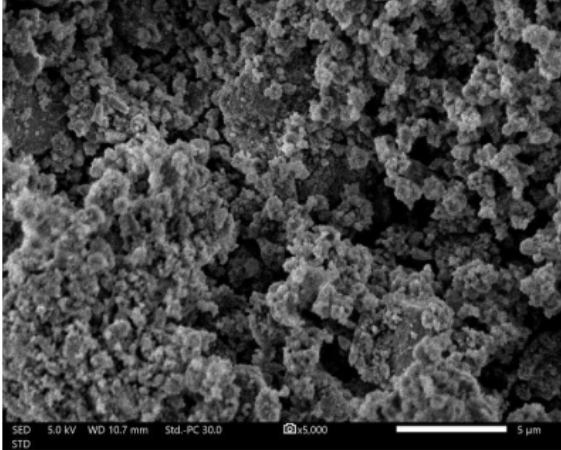
Trend Table

Rec #	Z-Avg d.nm	Pk 1 Avg d.nm	Pk 2 Avg d.nm	Pk 3 Avg d.nm	DCR kcps
8	1214	1135	0.000	0.000	1871.9

Right click the table to change the displayed parameters and/or change the number of columns. Use the Edit - Copy Table command to copy the data for pasting into a third party spreadsheet or graphing package.

Agglomeration of nano-sized particles

1.d)



❖ Particle size: < 500 nm
❖ Agglomeration of nano-sized particles

顆粒尺寸：小於 500 納米
納米級顆粒的聚集（團聚）

2 a)

2 b)

2 c)



圖 2: a)動物飼養, b)和 c)給動物服用珍珠粉

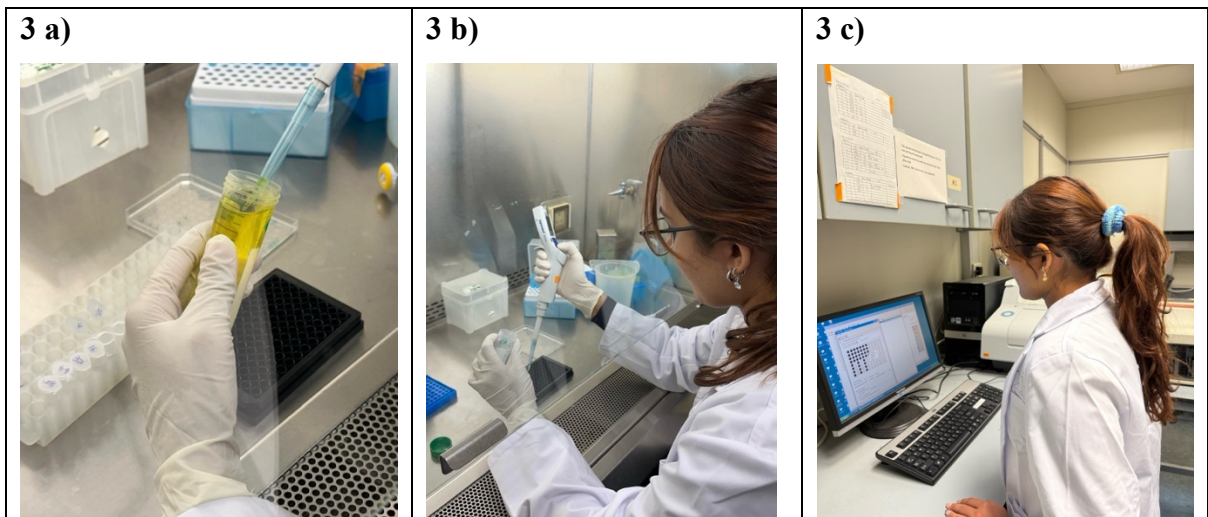


圖 3: 血液和組織樣本實驗

項目完成時間表及項目可交付成果

	日期 (月/年)	工作進展/研發成果	
	日期 (月/年)	排毒	抗氧化
第 2 個項目里程碑: (開始後第 6 個月)	7/2024	<ul style="list-style-type: none"> 使用體內小鼠模型對鋁進行解毒 對從鋁解毒中收集的樣本進行血液/器官分析 	<ul style="list-style-type: none"> 使用 Trolox 等效抗氧化能力測定 (TEAC) 測定納米珍珠粉的體內抗氧化活性。

			<ul style="list-style-type: none"> • 使用丙二醛脂質氧化檢測 (MDA) 測定納米珍珠粉的體內抗氧化活性。 • 使用 2, 2-二苯基-1 苦基肼 (DPPH) 光度法測定納米珍珠粉的體內抗氧化活性。
第 3 個項目里程碑： (從開始的第 9 個月)	10/2024	<ul style="list-style-type: none"> • 使用 2, 2-二苯基-1 苦基肼 (DPPH) 光度法測定納米珍珠粉的體外抗氧化活性。 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用鐵離子還原/抗氧化能力法 (FRAP) 測定納米珍珠粉的體內 (器官) 抗氧化活性。 • 使用氧自由基吸收能力法 (ORAC) 測定納米珍珠粉的體內 (器官) 抗氧化活性。 • 使用超氧化物歧化酶活性分析法 (SOD) 測定納米珍珠粉的體內 (器官) 抗氧化活性。
第 4 個項目里程碑：(開始後的第 12 個月)	12/2024	分析納米珍珠粉體內排毒測定。	分析納米珍珠粉體內抗氧化作用的測定。
		交終期報告	

方法

1. 珍珠粉/納米珍珠粉的製備：

珍珠粉乃由珍珠貝殼經過 10 日的 NaOH 處理及蒸餾水清洗而製成。接著將殼研磨碎裂，經過粗磨及高能量磨碾，方得到納米珍珠粉。

2. 珍珠粉及納米珍珠粉體內抗氧化研究：

實驗選用 8 至 12 週齡、體重介乎 20 至 25 克之間的 C57BL/6J 小鼠，每組 6 隻。本研究共設三組動物，即兩個治療組及一個對照組。納米珍珠粉及普通珍珠粉分別口服給予治療組動物，劑量為每千克體重 1000 毫克。對照組則以載體 (Tween 20) 口服。治療結束後，收集並處理血液及其他器官，以檢測各器官的血清及組織提取物的抗氧化能力。

- 鐵還原抗氧化力 (FRAP) 測定：

FRAP 測定試劑盒由英國 Abcam 公司購入，並按照說明書指示進行樣本抗氧化能力測定。標準品以 2mM 硫酸亞鐵銨原液稀釋，配製不同濃度（4-20 nmol）的標準溶液。血清及組織提取液均按說明書指引製備。陽性對照品則以 FRAP 測定緩衝液稀釋配製。每個反應均需配製 190 微升反應混合液，當中包括 152 微升 FRAP 測定緩衝液、19 微升 FRAP 探針及 19 微升氯化鐵。將 10 微升標準品或樣本加入上述反應混合液，於 37 度恆溫下以動力學模式量度 1 小時，測定 594 納米波長的吸光度。計算時採用 1 小時後的讀數。

- **Trolox 等效抗氧化能力測定：**

Trolox 等效抗氧化能力測定：

測定採用 Cell Biolabs Inc.的試劑盒，並按照提供的說明書指示測定總抗氧化能力。Trolox 標準品以 0.3mM 測定緩衝液稀釋 10mM 的 Trolox 標準原液新鮮配製。血清及組織提取物按照所提供的程序製備。在 96 孔微量滴定板中加入 25 μ l 不同濃度（18.8 - 300 μ M）的 Trolox 標準品及樣本。然後每孔加入 150 μ l 稀釋 ABTS 並充分混合。反應混合物在迴旋振盪器中孵育 5 分鐘，在 405nm 波長下測量吸光度。

- **脂質過氧化（丙二醛）測定：**

脂質過氧化（丙二醛）測定：

測定採用 Abcam（英國）的試劑盒，並按照提供的說明書指示進行。以雙蒸餾水稀釋 4.17M 標準原液，新鮮配製濃度為 0、20、40、60、80 及 100 μ M 的丙二醛標準品。血清及組織提取物按照所提供的程序製備。在含有 200 μ l 標準品及樣本的試管中加入 600 μ l 硫代巴比妥酸（TBA）試劑，在 95 $^{\circ}$ C 下孵育 60 分鐘，生成丙二醛-TBA 加合物。然後將樣本在冰浴中冷卻 10 分鐘，將 200 μ l 反應混合物加入 96 孔微量板進行分析。在 532nm 波長下測量吸光度。

- **氧自由基吸收能力（ORAC）抗氧化測定：**

測定採用 Abcam（英國）的 ORAC 試劑盒，並按照提供的說明書指示測定樣本的抗氧化能力。以 5mM 抗氧化標準品（Trolox）原液稀釋，新鮮配製不同濃度（50 – 2.5 μ M）的標準品。血清及組織提取物按照所提供的程序製備。在 96 孔微量板中配製含 25 μ l 標準品及樣本，以及 150 μ l 的 1X 熒光素溶液的反應混合物。混合物在 37 $^{\circ}$ C 下孵育 30 分鐘後加入 25 μ l 自由基引發劑。樣本即時置於 37 $^{\circ}$ C 的熒光微量板讀數儀中，在 Ex/Em = 480/520 nm 下讀數 60 分鐘。

3. 重金屬解毒研究

將 C57BL/6J 品系小鼠（8-12 週大，體重 20-25 克）分成四組（每組 6 隻）：對照組（無暴露亦無治療）、未治療組（暴露於重金屬/有毒化學品但無治療）、以及兩個治療組（暴露於重金屬後分別以珍珠粉及納米珍珠粉治療）。以氯化汞、醋酸鉛及硝酸鋁誘導重金屬中毒。治療組以口服方式每公斤體重服用 500 毫克珍珠粉或納米珍珠粉，而未治療組則接受對照載體（Tween 20）。治療結束時收集尿液及糞便，使用電感耦

合等離子體質譜儀 (ICP-MS) 等分析技術測量排出金屬的濃度。統計分析各組的金屬排除情況，評估治療的整合效率。嚴格遵守動物使用及護理的道德指引。

結果

鐵還原抗氧化能力(FRAP)測定:

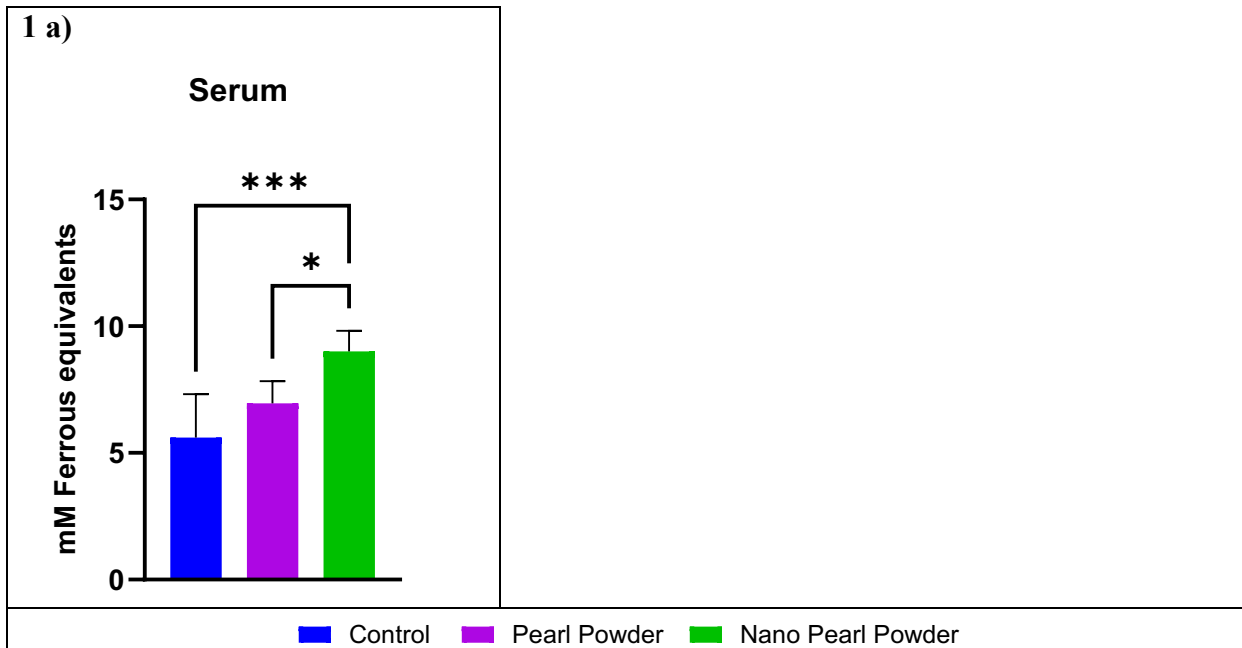
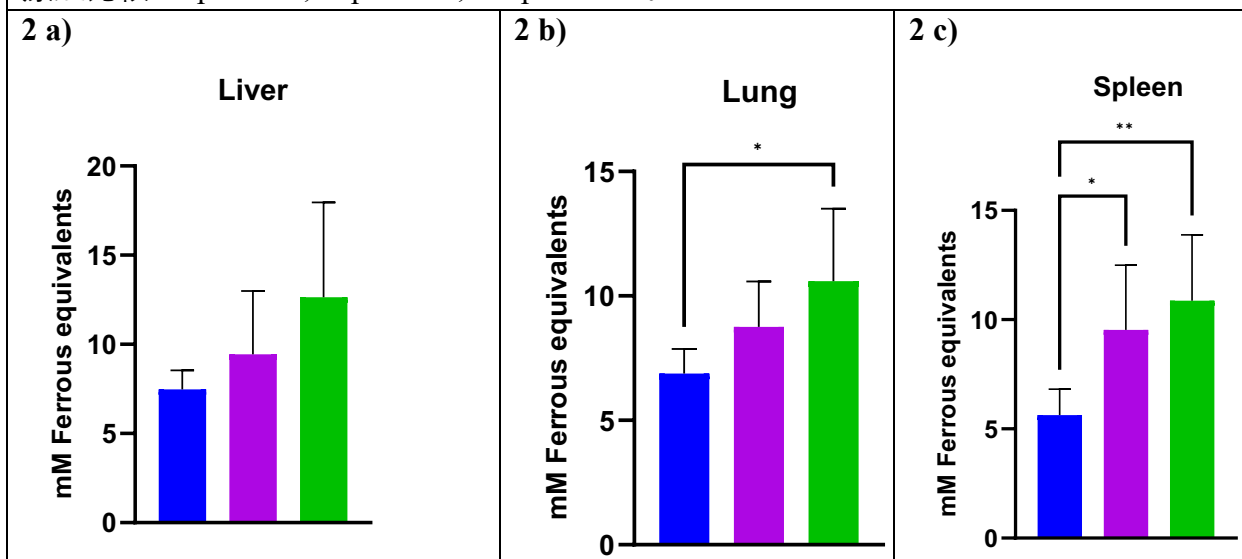


圖 1. -血清樣品的鐵還原抗氧化能力

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液（每公斤體重 10 毫升）。對照組只接受載體（吐溫 20）。三星期後收集器官及血液樣本，以血清測定抗氧化能力（FRAP）。數據以平均值±標準誤差表示（n=6）。納米珍珠粉治療組的血清中二價鐵當量濃度較對照組顯著上升，反映珍珠粉攝入能提升小鼠的抗氧化能力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析，與未治療組比較：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ 。



Control Pearl Powder Nano Pearl Powder

圖 2 - (a)肝、(b)肺及(c)脾臟樣本的亞鐵還原抗氧化能力 (FRAP)。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集器官, 以組織提取物測定抗氧化能力 (FRAP)。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。納米珍珠粉治療組的肺及脾臟組織提取物中二價鐵當量濃度較對照組顯著上升, 反映珍珠粉攝入能提升小鼠的抗氧化能力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

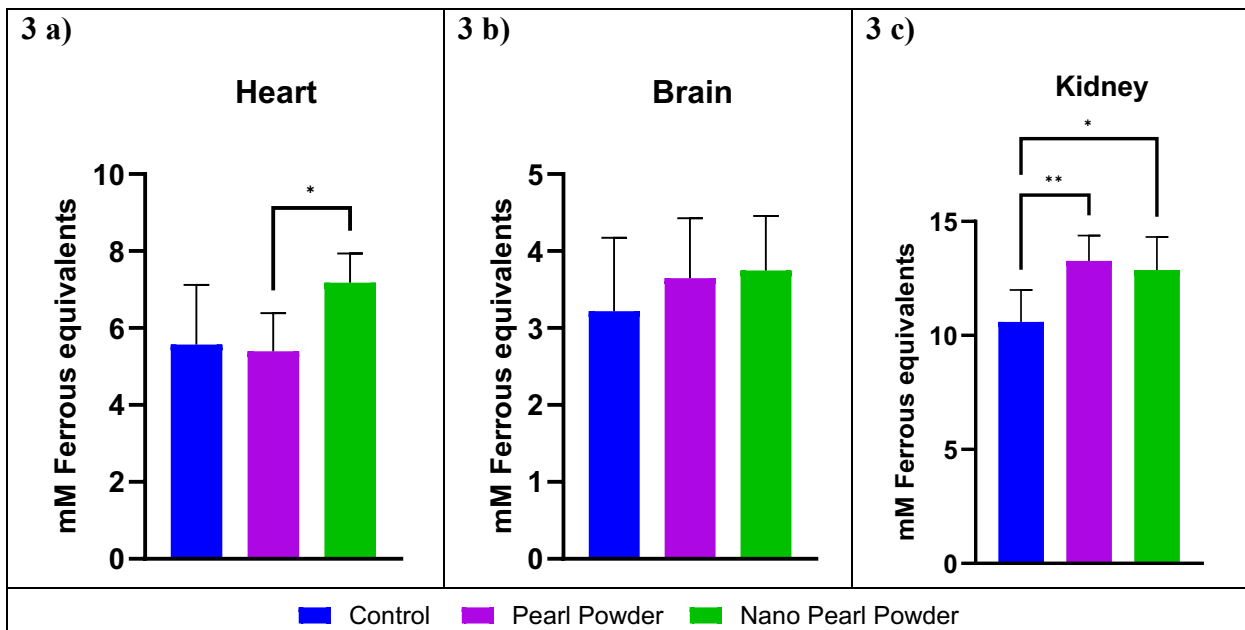


圖 3 - (a)心臟、(b)腦部及(c)腎臟樣本的亞鐵還原抗氧化能力 (FRAP)。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集器官, 以組織提取物測定抗氧化能力 (FRAP)。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。納米珍珠粉治療組的腎臟組織提取物中二價鐵當量濃度較對照組顯著上升, 反映珍珠粉攝入能提升小鼠的抗氧化能力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

Trolox 等效抗氧化能力測定:

4 a)

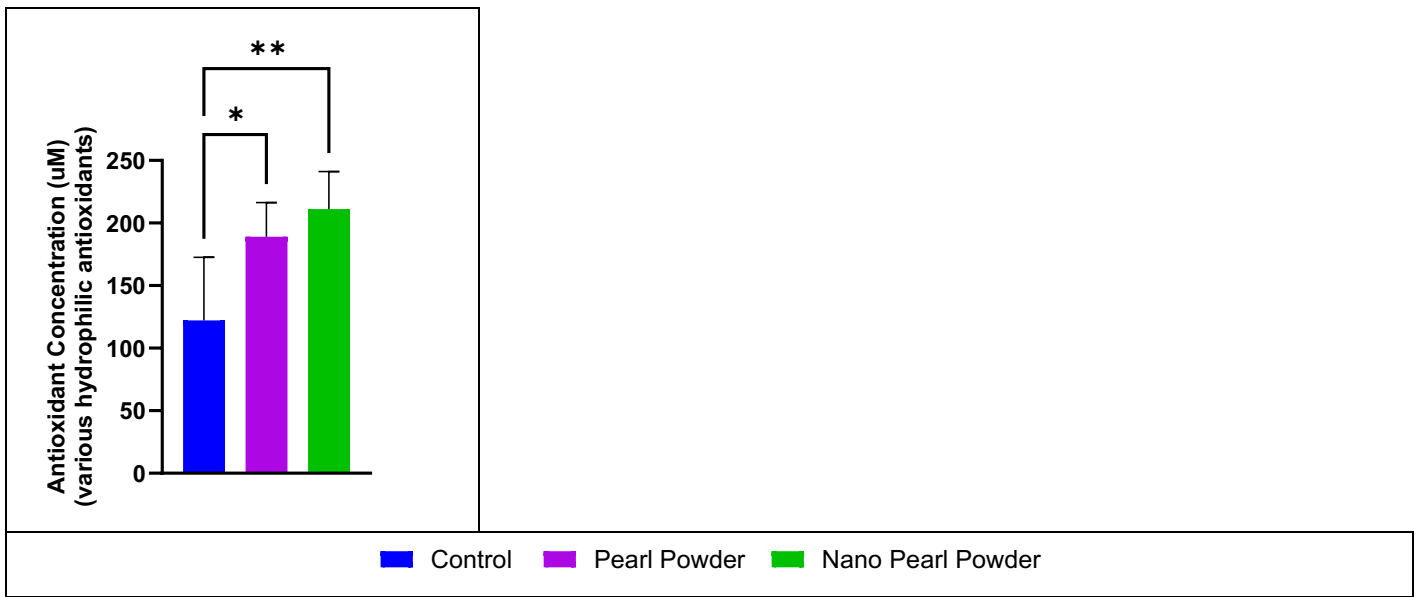


圖 4 - 血清樣本的總抗氧化能力 (TEAC)。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集血清, 以 TEAC 測定法測定總抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組血清中抗氧化物濃度較對照組顯著上升。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

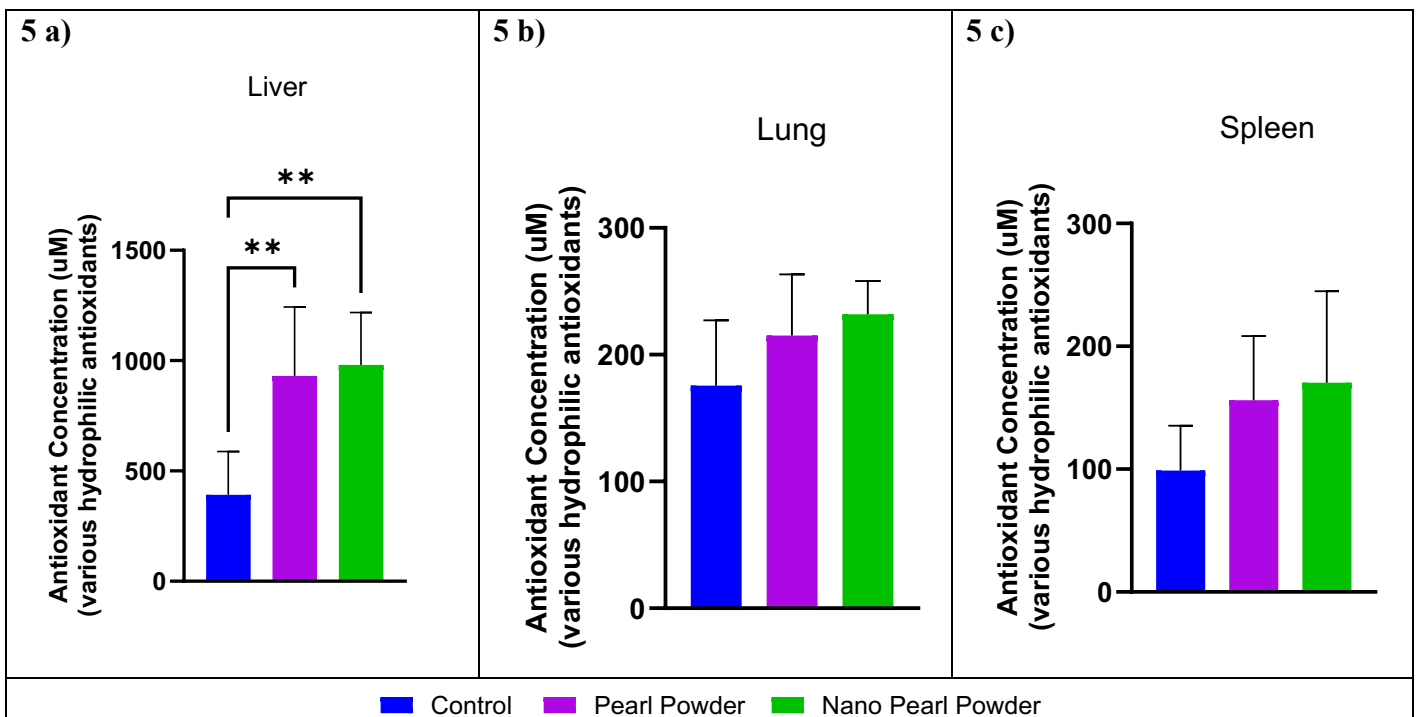


圖 5 - (a)肝、(b)肺及(c)脾臟樣本的總抗氧化能力 (TEAC)。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液（每公斤體重 10 毫升）。對照組只接受載體（Tween 20）。三星期後收集器官，以組織提取物使用 TEAC 測定法測定總抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示（n=6）。治療組肝臟提取物中抗氧化物濃度較對照組顯著上升。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析，與未治療組比較：*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

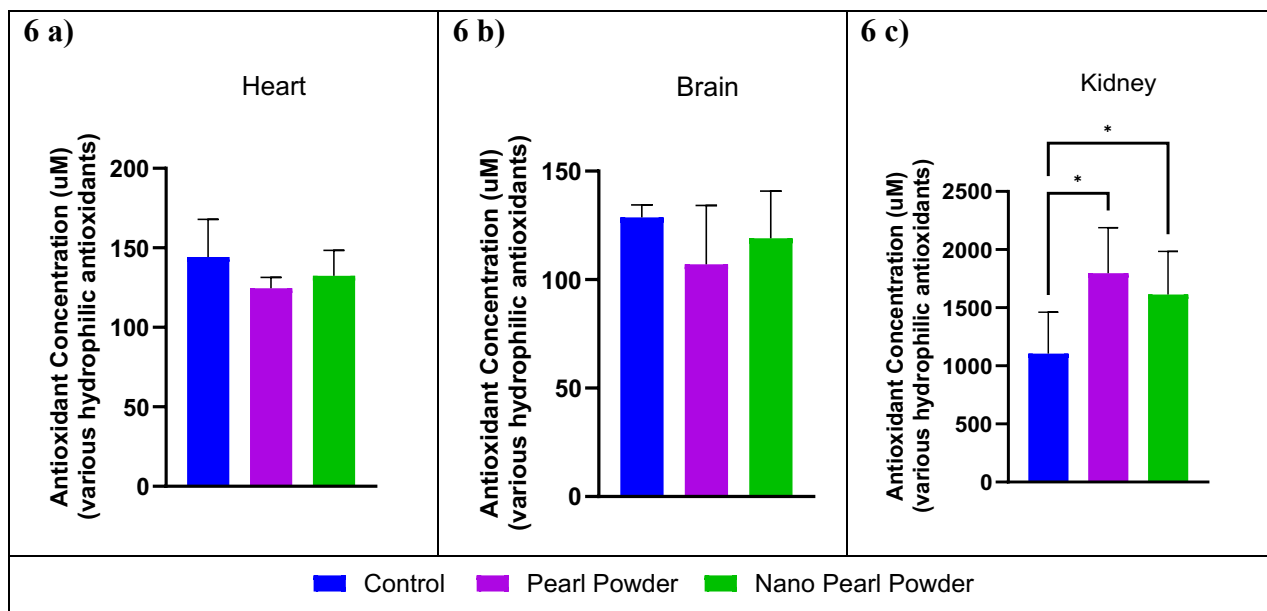
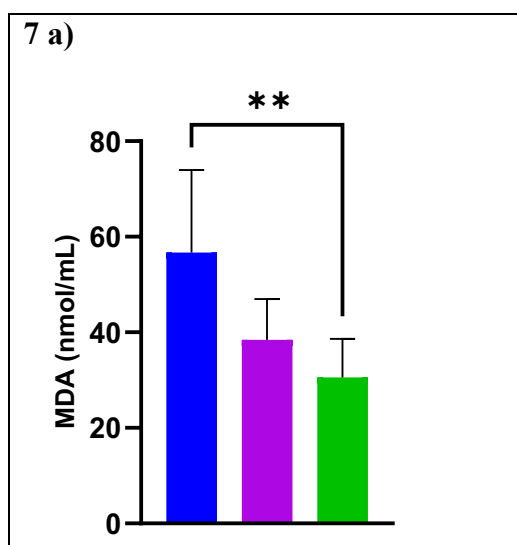


圖 6 - (a)心臟、(b)腦部及(c)腎臟樣本的總抗氧化能力（TEAC）。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液（每公斤體重 10 毫升）。對照組只接受載體（Tween 20）。三星期後收集器官，以組織提取物使用 TEAC 測定法測定總抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示（n=6）。治療組腎臟提取物中抗氧化物濃度較對照組顯著上升。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析，與未治療組比較：*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

脂質過氧化（丙二醛）測定：



Control Pearl Powder Nano Pearl Powder

圖 7 - 血清樣本中丙二醛 (MDA) 水平。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集血清以檢測脂質過氧化產物丙二醛的水平。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組血清中丙二醛水平較對照組為低, 顯示珍珠粉及納米珍珠粉能降低氧化壓力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

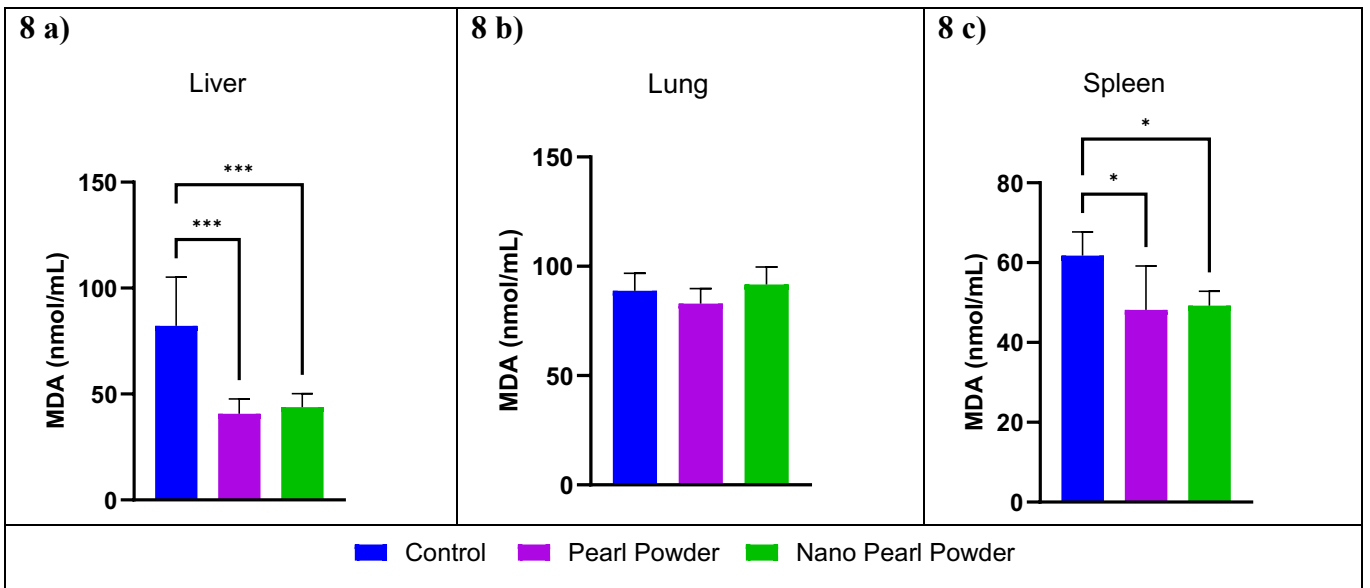


圖 8 - (a)肝、(b)肺及(c)脾臟樣本中丙二醛 (MDA) 水平。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集器官, 以各器官組織提取物檢測脂質過氧化產物丙二醛的水平。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組肝臟及脾臟組織提取物中丙二醛水平較對照組為低, 顯示珍珠粉及納米珍珠粉能降低氧化壓力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

9 a)

9 b)

9 c)

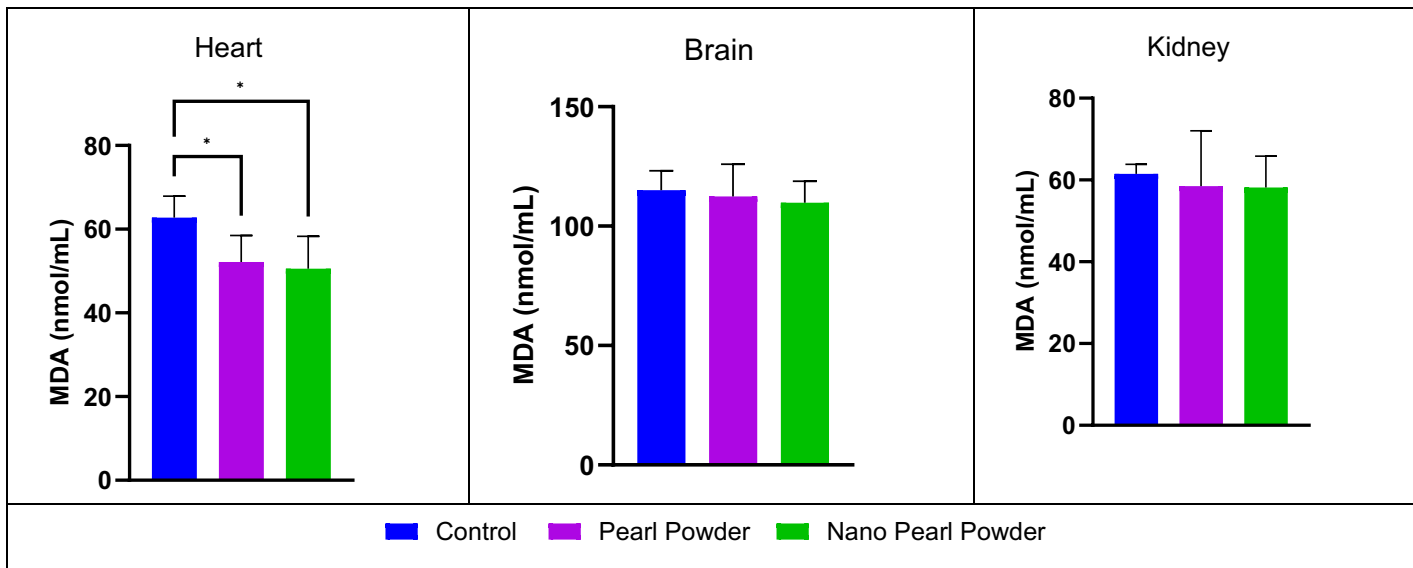


圖 9 - (a)心臟、(b)腦部及(c)腎臟樣本中丙二醛 (MDA) 水平。

治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (吐溫 20)。三星期後收集器官, 以各器官組織提取物檢測脂質過氧化產物丙二醛的水平。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組心臟組織提取物中丙二醛水平較對照組為低, 顯示珍珠粉及納米珍珠粉能降低氧化壓力。採用單因素方差分析 (ANOVA) 進行統計分析, 與未治療組比較: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001。

氧自由基吸收能力 (ORAC) 抗氧化測定:

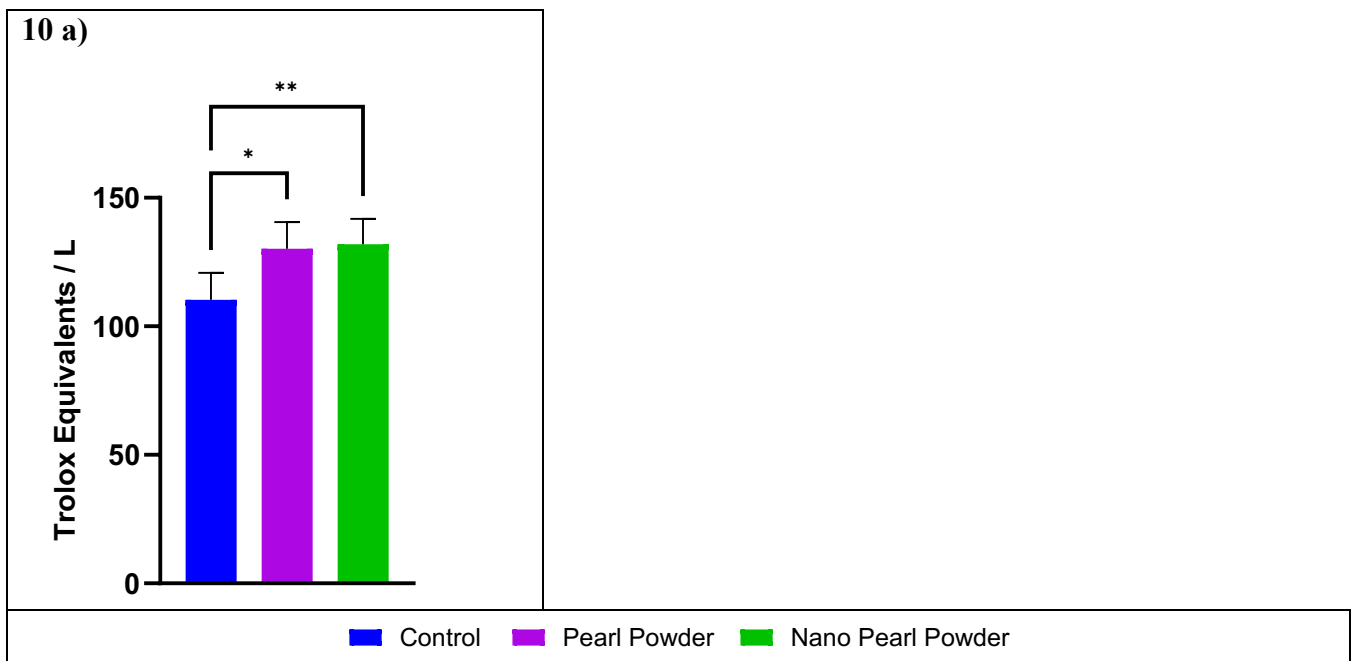


圖 10 - 以氧自由基吸收能力(ORAC)測定法檢測(a)血清、(b)肝臟及(c)腎臟樣本的抗氧化能力。

珍珠粉治療組小鼠連續三星期接受三個不同劑量 (每公斤體重 250、500 及 1000 毫克) 的珍珠粉治療。對照組接受載體 (Tween 20)。以灌胃方式給予每公斤體重 10 毫升珍珠粉懸浮液或載體。三星期後收集器官及血液, 以血清及各器官組織提取物使用 ORAC 測定法測定抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示 (n=12)。治療組的血清及組織提取物樣本較對照組顯著

增加抗氧化能力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析，與未治療組比較：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ 。

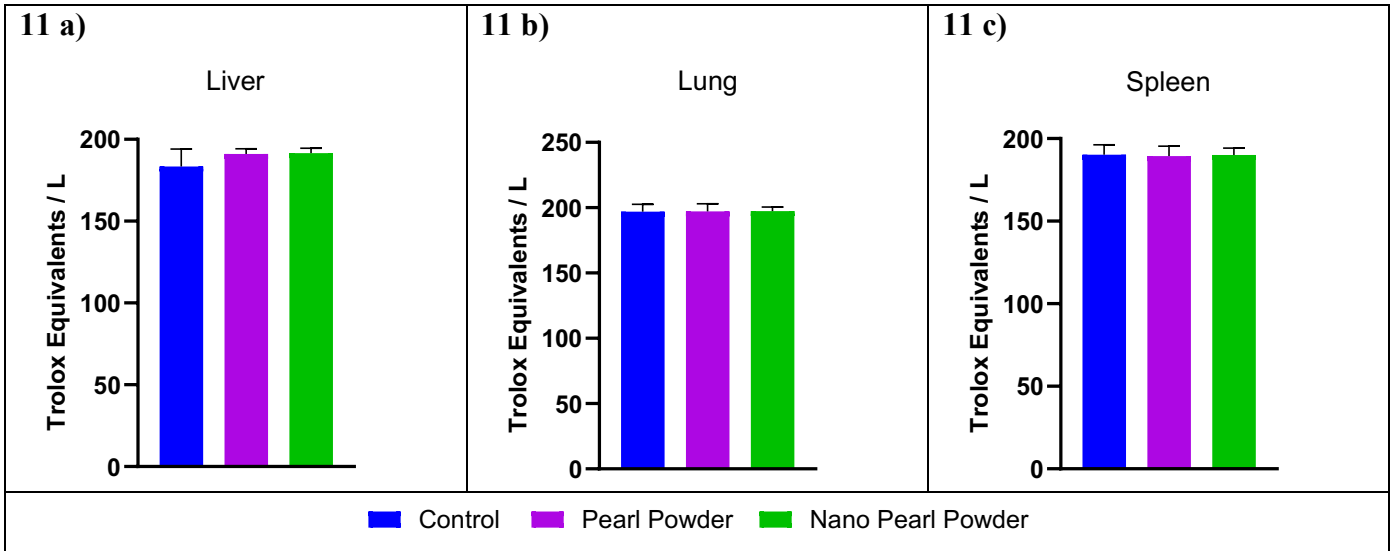


圖 11 - 以氧自由基吸收能力 (ORAC) 測定法檢測(a)肝、(b)肺及(c)脾臟樣本的抗氧化能力。治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集器官，以各器官組織提取物使用 ORAC 測定法測定抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組的組織提取物較對照組在抗氧化能力方面並無顯著增加。

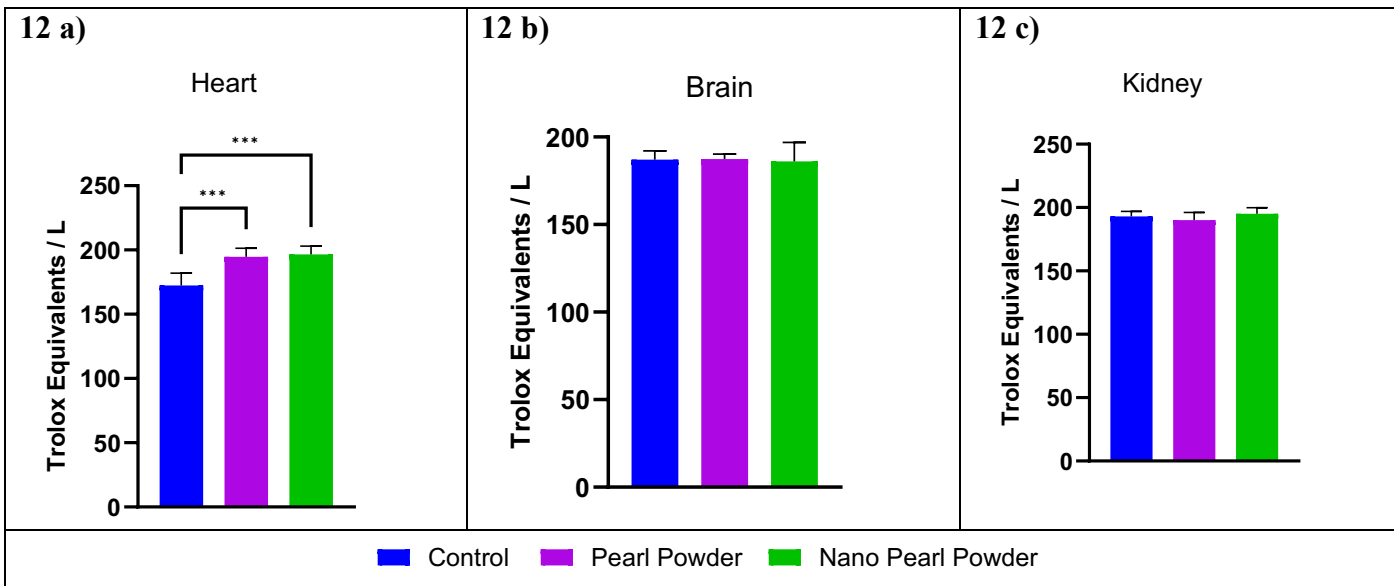


圖 12 - 以氧自由基吸收能力 (ORAC) 測定法檢測(a)心臟、(b)腦部及(c)腎臟樣本的抗氧化能力。治療組小鼠連續三星期每日以灌胃方式服用劑量為每公斤體重 1000 毫克的珍珠粉及納米珍珠粉懸浮液 (每公斤體重 10 毫升)。對照組只接受載體 (Tween 20)。三星期後收集器官，以各器官組織提取物使用 ORAC 測定法測定抗氧化能力。數據以平均值±標準誤差表示 (n=6)。治療組的心

臟組織提取物較對照組顯著增加抗氧化能力。採用單因素方差分析(ANOVA)進行統計分析，與未治療組比較：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ 。

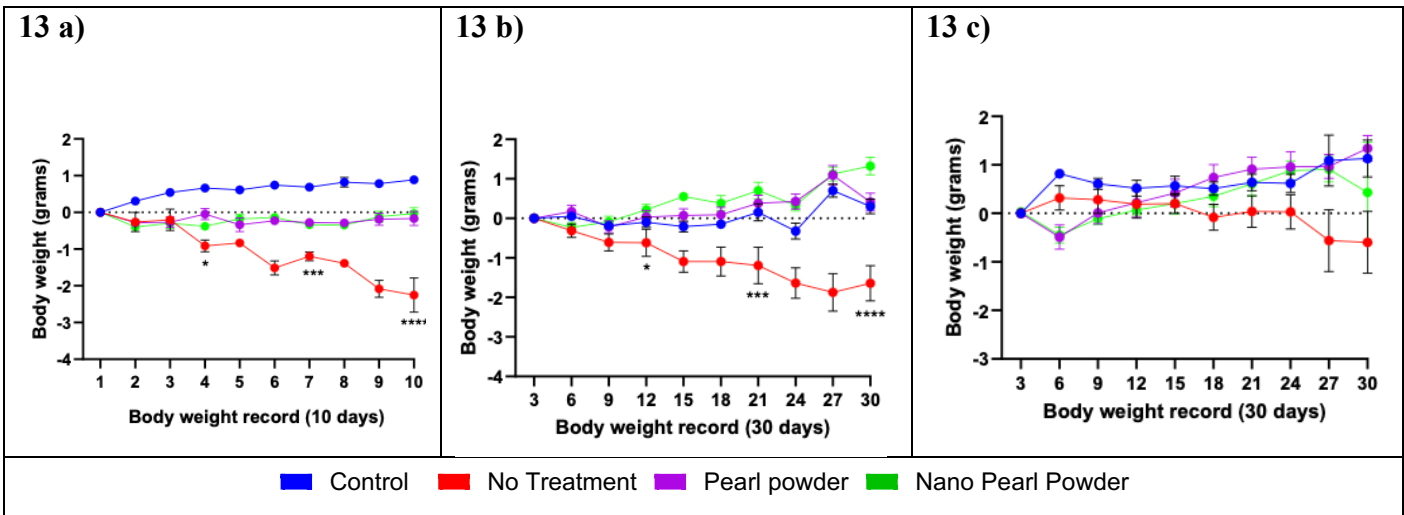


圖 13 - 不同珍珠粉及納米珍珠粉處理對小鼠體重的影響

- (a) C57BL/6J 小鼠在 10 天內接受珍珠粉及納米珍珠粉治療以應對汞中毒。
 (b) C57BL/6J 小鼠在 30 天內接受珍珠粉及納米珍珠粉治療以應對鉛中毒。
 (c) C57BL/6J 小鼠在 30 天內接受珍珠粉及納米珍珠粉治療以應對鋁中毒。
 每個數據點為平均值 \pm 標準差 (每組 $n = 6$)。

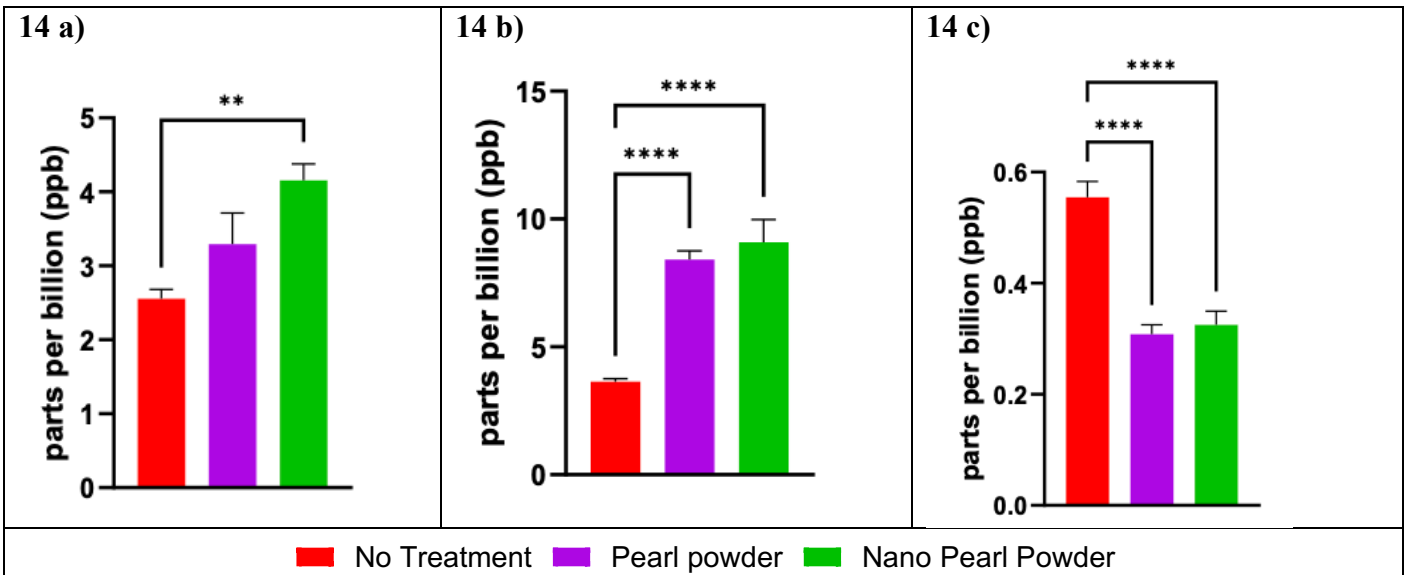


圖 14 - 珍珠粉和納米珍珠粉治療對小鼠排除汞(Hg)的影響

- (a) 小鼠尿液中汞濃度 (b) 小鼠糞便中汞濃度 (c) 小鼠血清中汞濃度。
 每個數據點代表平均值 \pm 標準差 (每組 $n = 6$)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:*** = $p < 0.001$, **** = $p < 0.0001$ 。

15 a)

15 b)

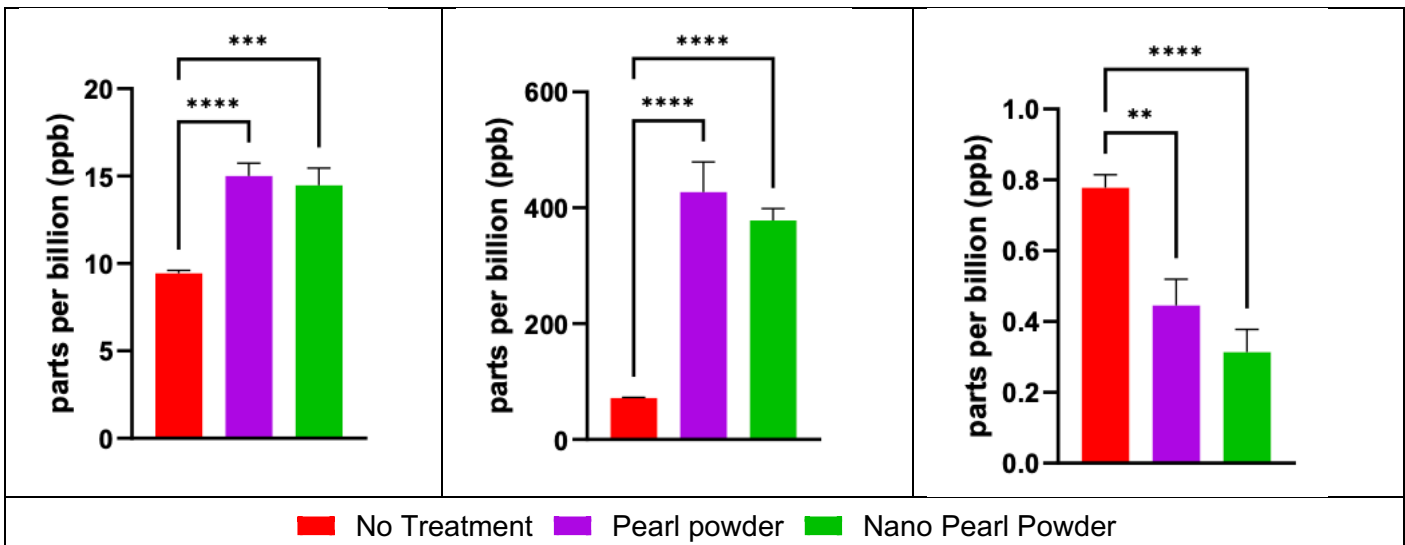


圖 17 - 珍珠粉治療對小鼠排除鉛(Pb)的影響。

(a) 小鼠尿液中鉛濃度 (b) 小鼠糞便中鉛濃度 (c) 小鼠血清中鉛濃度。每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:** < 0.01, *** = p < 0.001, **** < 0.0001。

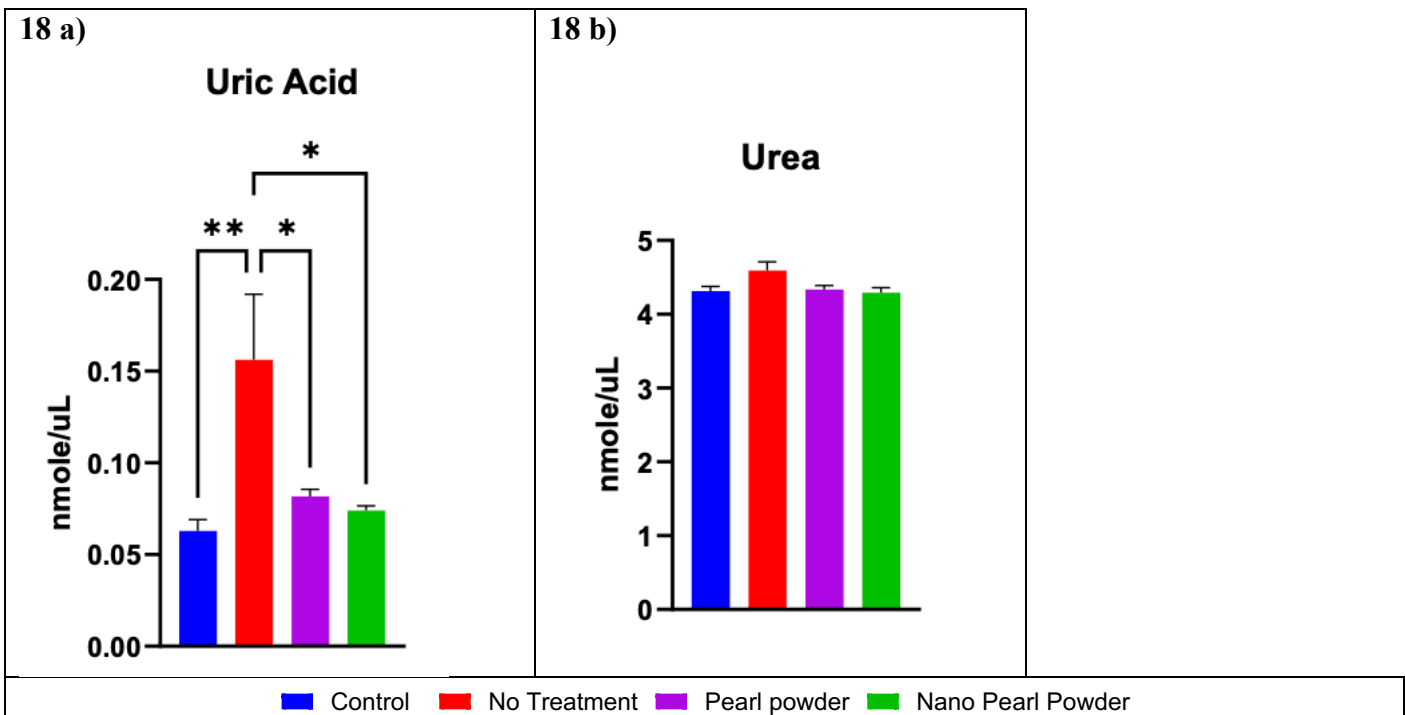


圖 18 - 珍珠粉治療對鉛中毒小鼠腎臟(a- 尿酸及 b- 尿素)功能的影響。

每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:* < 0.05, ** < 0.01, *** = p < 0.001, **** = p < 0.0001。

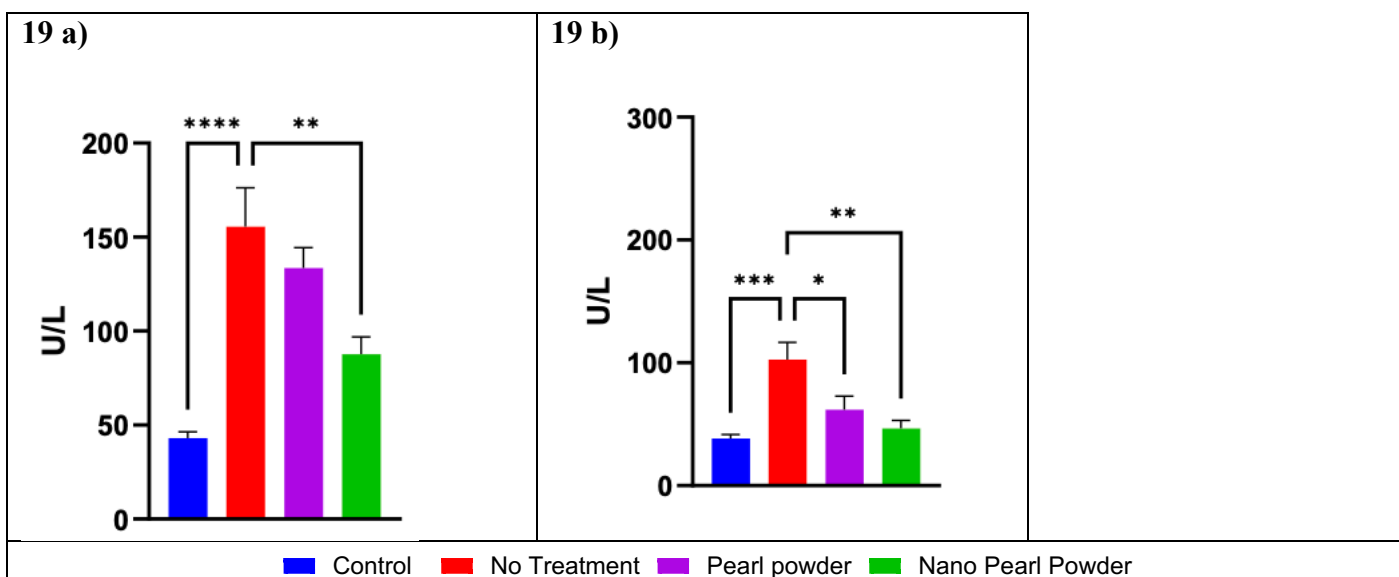


圖 19 - 珍珠粉治療對鉛中毒小鼠肝臟(a- 天門冬氨酸轉氨酶(AST) 及 b- 丙氨酸轉氨酶(ALT))功能的影響。每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:* < 0.05, ** < 0.01, *** = p < 0.001, **** = p < 0.0001。

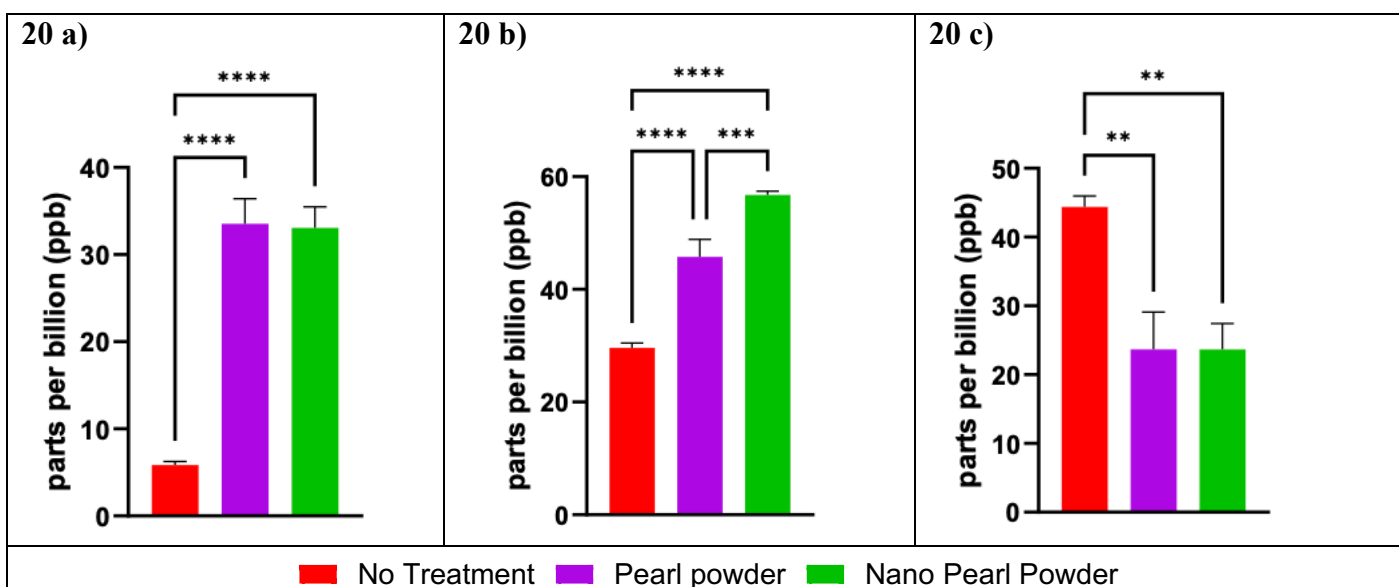


圖 20 - 珍珠粉治療對小鼠排除鋁(Al)的影響

(a) 小鼠尿液中鋁濃度 (b) 小鼠糞便中鋁濃度 (c) 小鼠血清中鋁濃度。每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析(ANOVA)使用單因素方差分析加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:* < 0.05, ** < 0.01, **** < 0.0001。

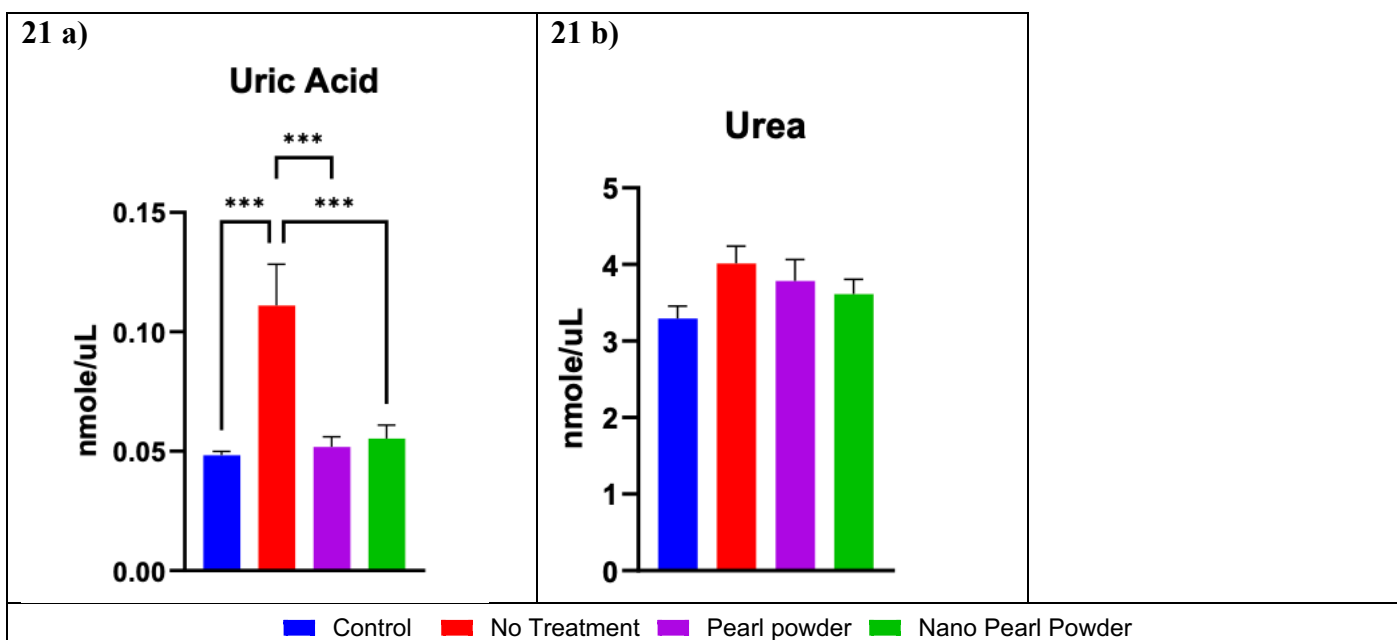


圖 21 - 珍珠粉治療對鋁中毒小鼠腎臟(a- 尿酸及 b- 尿素)功能的影響。每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:*** = p < 0.001, **** < 0.0001。

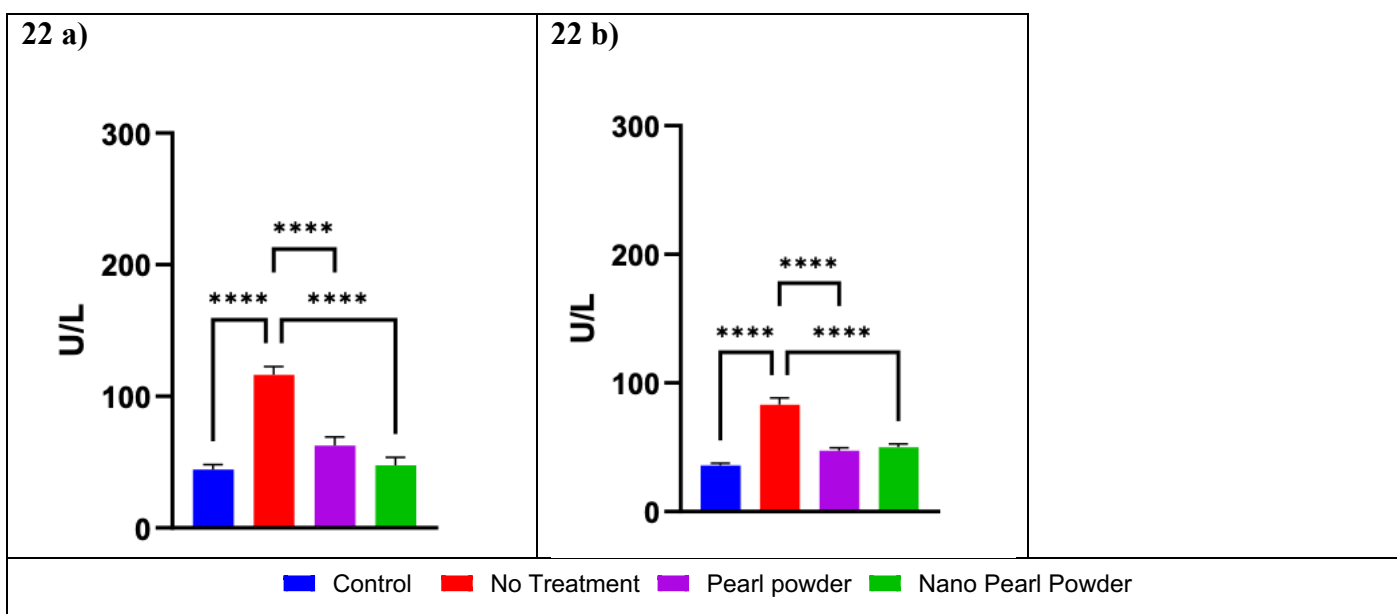


圖 22 - 珍珠粉治療對鋁中毒小鼠肝臟(a- 天門冬氨酸轉氨酶(AST) 及 b- 丙氨酸轉氨酶(ALT))功能的影響。每個數據點代表平均值 ± 標準差 (每組 n = 6)。統計分析使用單因素方差分析(ANOVA)加上 Dunnett 事後檢定, p 值如下:*** = p < 0.001, **** < 0.0001。

討論

本研究全面剖析了珍珠粉及納米珍珠粉在緩解氧化壓力及重金屬毒性方面的抗氧化及解毒功效。研究結果突顯這些配方的治療潛力，當中納米珍珠粉由於具備更佳的生物利用度及更強的組織滲透力，展現出更優越的表現。

研究透過多項測試評估珍珠粉及納米珍珠粉的抗氧化特性。FRAP測定顯示，治療組的血清、肝、肺、脾、心、腦及腎等組織的抗氧化能力明顯提升（圖 1-3）。這些組織展現更強的亞鐵離子還原能力，反映出其抗氧化活性。納米珍珠粉的表現略勝於標準珍珠粉，這很可能是由於其較小的粒子尺寸有助提升吸收及組織滲透。統計學上的顯著差異（大多數情況下 $p < 0.001$ ）凸顯了這些配方在增強抗氧化防禦方面的功效。TEAC測定結果支持FRAP的發現，顯示治療組的血清及器官（肝、肺、脾、心、腦及腎）的抗氧化水平上升（圖 4-6）。納米珍珠粉的效果尤其顯著，其血清及肝臟的TEAC值明顯較高，反映全身性抗氧化能力得到提升。這些結果進一步證實這些治療在增強全身及局部抗氧化防禦方面的成效。血清、肝及腎組織的丙二醛（MDA）水平下降（圖 7-9），顯示氧化壓力及脂質過氧化減少。由於MDA是細胞脂質損傷的重要標誌物，其降低突顯珍珠粉在保護細胞膜免受氧化損傷方面的作用。納米珍珠粉治療組的MDA水平持續較低，展示納米配方具更強的抗氧化功效。ORAC測定結果（圖 10-12）提供額外見解，顯示治療組的心臟及腦部組織有明顯改善。雖然肺及脾組織的變化較不明顯，但這種差異可能反映不同組織對抗氧化的反應或珍珠粉代謝的差異。儘管存在這些差異，關鍵器官中增強的抗氧化潛力仍突顯珍珠配方的治療價值，特別是在減少易受損組織的氧化壓力方面。

研究使用汞、鉛及鋁暴露模型，評估珍珠粉及納米珍珠粉減輕重金屬毒性的能力。兩種珍珠粉配方均顯著促進汞通過尿液及糞便排出（圖 14a,b），同時降低血清汞水平（圖 14c）。這些結果伴隨腎功能標誌物（包括尿酸及尿素）的改善（圖 15a,b），以及肝酶（AST及ALT）水平的下降（圖 16a,b）。珍珠粉在促進汞排出及保護腎肝功能方面的雙重作用，突顯其作為螯合劑的功效。珍珠粉及納米珍珠粉治療促進鉛通過尿液及糞便排出（圖 17a,b），血清鉛水平相應下降（圖 17c）。腎功能標誌物（尿酸及尿素，圖 18a,b）的改善及肝酶水平（AST及ALT，圖 19a,b）的下降，進一步突顯這些治療的護肝護腎效果。納米珍珠粉展現略高於普通珍珠粉的功效，反映其具更強的螯合效率。在暴露於鋁的小鼠中，兩種配方均顯著增加鋁通過尿液及糞便的排出（圖 20a,b），同時降低血清鋁水平（圖 20c）。治療組腎功能（尿酸及尿素，圖 21a,b）及肝功能（AST及ALT，圖 22a,b）標誌物的改善，顯示腎毒性及肝毒性減輕。與汞及鉛一樣，納米珍珠粉展現略佳的結果，進一步證實其作為先進解毒劑的潛力。

本研究結果突顯珍珠粉及納米珍珠粉作為強效抗氧化及解毒劑的雙重效益。它們在減少氧化壓力、螯合重金屬的同時能保護腎肝功能，使其成為極具前景的治療用品。納米珍珠粉憑藉其更強的功效，在推進膳食補充及預防保健策略方面特別具有發展潛力，尤其是在涉及氧化壓力及重金屬毒性的情況。

結論

本研究為珍珠粉及納米珍珠粉在減輕重金屬毒性及氧化壓力方面的治療潛力提供有力證據。兩種配方均展示顯著的螯合功效，能促進汞、鉛及鋁的排出，同時保護腎肝功能。

除了重金屬解毒外，珍珠粉及納米珍珠粉的抗氧化特性亦通過 FRAP、TEAC、MDA 及 ORAC 測定得到證實。兩種配方在各組織中持續展現較高的抗氧化能力，表現在其更強的亞鐵離子還原能力、清除自由基及降低丙二醛等脂質過氧化副產物的能力。這些抗氧化效果在全身循環及重要器官（包括肝、心及腦）尤為明顯，而這些部位的氧化壓力正是維持細胞健康及預防損傷的關鍵因素。

研究結果突顯納米及普通珍珠粉的增強治療功效，使其成為膳食補充品及預防保健中解毒及抗氧化應用的理想選擇。其減輕氧化壓力及促進金屬螯合的能力，使其在處理重金屬毒性、氧化損傷或衰老相關症狀時極具價值。未來研究應著重闡明其分子作用機制，並擴大其在臨床及膳食應用範疇，標誌著現代治療策略正朝向納米配方發展。

項目願景

本項目以科學實證推動納米珍珠粉由傳統保健品走向現代化功能性保健食品與治療配方之轉化應用。透過嚴謹的體內動物模型數據，建立其在抗氧化與重金屬（鋁、鉛、汞）解毒上的核心價值，並與香港仔漁民婦女會及本地中成藥 / 保健食品企業合作，發展可持續的本地珍珠養殖與高附加值產品線，提升漁民收入與產業競爭力。同時，配合專利與標準化生產流程，逐步開拓大灣區及國際市場，打造港產納米珍珠粉為兼具抗氧化與解毒功效的領先品牌，促進公共健康及鞏固香港於健康科技創新領域的地位。

項目建議書內所擬定的項目目的及影響（效益）評估項目成果

我們建議書內所擬定的項目目的及影響如下	而各項評估項目成果如下
1. 以體內小鼠模型驗證納米珍珠粉之抗氧化與解毒效益，聚焦鋁、鉛及汞等重金屬，並以多指標全面評估其抗氧化潛力。	抗氧化：FRAP 與 TEAC 於血清及多個器官顯著提升；MDA 於多個組織明顯下降；ORAC 結果心臟及部分腦部提取物顯著改善。整體顯示納米珍珠粉具系統性抗氧化效益。 解毒：在汞、鉛、鋁模型中，兩種配方均促進金屬經尿、糞排出並降低血清濃度，同時改善腎功能（尿酸、尿素）與肝酶（AST、ALT）指標；納米珍珠粉解毒效率普遍略優於普通珍珠粉，呈現更強的護肝護腎效果。
2. 我們計劃於這項目開始後的半年內向傳媒公佈第一階段的研究結果，令香港大眾明白本地生產的珍珠粉和納米珍珠粉具有市	珍珠粉排毒功能研已申請專利（HK30085211） 解毒藥物和珍珠粉在製備解毒藥物中的應

場價值。這些科學證據應能促進珍珠粉在人群中的使用，這將增加對納米珍珠粉生產的需求。	用)，並於 2023 年 7 月 28 日舉行研究結果發佈會。
3. 我們已計劃與本地中成藥廠商及漁民合作推出產品，令漁民有機會開始大規模養殖珍珠貝並在市場上銷售珍珠粉。	已與本地團體展開功能性保健食品可行性評估，確認配方標準化、劑型選擇與法規路徑；優先推進保健食品路線以縮短落地時間，同步規劃中成藥長周期路徑；配合本地珍珠養殖上游供應，逐步形成穩定原料與品質管理體系。
4. 透過示範性科研成果，吸引企業與投資者參與，帶動可持續珍珠養殖與加工，提升漁民收益與本地健康科技產業競爭力。	研究結果證實納米珍珠粉具雙重（抗氧化+解毒）價值，可作健康補充品之有力候選；已形成吸引產業與資本之基礎，預期中長期可提升漁民收益、擴大就業、促進可持續珍珠養殖，並強化香港於健康科技與海洋經濟的協同發展。

聲明:

本人特此向漁業提升基金管理委員會及包含增補基金在內的相關基金的督導委員會作出以下不可撤回的聲明：本完成報告已就涉及的所 有由第三方擁有的數據及資料適當地列明了相關的資料來源，而本機構已就此等數據及資料獲得所需的授權。

本報告內所表達的任何意見、結果、結論或建議，不一定反映漁業提升基金或基金信託人的立場。

我，特此向漁業提升基金管理委員會及包含增補基金在內的相關基金的督導委員會作出以下不可撤回的聲明、保證和承諾，我本人及上述申請機構：

1. 沒有與任何被聯合國安全理事會、歐洲聯盟、英國財政部、美國財政部外國資產管制辦公室或香港金融管理局，或任何適用的制裁法律制裁或可能制裁或作為目標的國家、組織或活動有任何交觸或與之有任何形式的聯繫；
2. 沒有以任何不法形式使用由漁業提升基金或相關的增補基金所獲得的金錢（及其產生的任何盈餘），不論是涉及行賄、清洗黑錢、恐怖主義活動或任何違反國際及本地法律的行為；及
3. 把所有資助款項（及其產生的任何盈餘）均只用作符合漁業提升基金目標的研究或項目，而沒有把任何資助款項（包括產生的任何盈餘）分發予獲資助機構的任何成員及 / 或公眾人士。

