國立臺灣海洋大學

食品科學系碩士班專題討論書面報告

不同解凍方式對大口黑鱸的理化性質和結構的影響 Effects of different thawing methods on physicochemical properties and structure of largemouth bass

授課老師:黃崇雄、方銘志 老師

指導老師:張正明 老師

學 號:41042018

學 生:黄暐媜

報告日期: 2022 年 4 月 23 號

內容	時間掌控	表達能力	投影片	書面資料
40%	10%	30%	10%	10%

指導教授:

34202 4/16

- 一、前言
- 二、材料與方法
- 三、結果與討論
- 四、結論
- 五、參考文獻

摘要

本研究目的為評估大嘴黑鱸魚片解凍後的理化性質和結構,分別使用六種不同的解凍的處理方法:常規解凍 (conventional thawing, CT)、微波解凍 (microwave thawing, MT)、微波真空解凍 (microwave combined with vacuum thawing, MVT)、超聲波真空解凍 (ultrasound combined with vacuum thawing, UVT)、微波結合磁性奈米粒子解凍 (magnetic nanoparticles combined with microwave thawing, MMT)或遠紅外線結合磁性奈米粒子解凍 (magnetic nanoparticles combined with far-infrared thawing, FMT)。

解凍後測定魚片的解凍損失蒸煮損失、酸鹼度(pH值)、顏色、質地變化、保水能力和水分遷移狀態。總揮發性鹽基態氮和硫代巴比妥酸用於確定蛋白質降解和脂質氧化的程度。顯微鏡觀察和掃描電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 用於觀察纖維結構。

結果顯示,微波真空解凍 (MVT) 和遠紅外線結合磁性納米粒子 (FMT) 解凍具有較理想的理化性質,且含有較低的總揮發性鹽基態氮和硫代巴比妥酸值對解凍過程中蛋白質降解和脂質氧化的影響較小。

此外,微波真空解凍 (MVT) 和遠紅外線結合磁性納米粒子解凍 (FMT) 樣品與新鮮樣品相比,固定化水和結合水含量均無顯著差異。掃描電子顯微鏡和顯微鏡觀察顯示,微波真空解凍 (MVT) 和遠紅外線結合磁性納米粒子解凍 (FMT) 樣品與其他解凍方法相比,肌原纖維束排列較整齊、平滑。因此,微波真空解凍 (MVT) 和遠紅外線結合磁性納米粒子解凍 (FMT) 的解凍方法可用於保持解凍魚片的質量。

一、前言

水產品的流通和分銷依賴於凍融技術。鮮魚可以通過冷凍保存其營養價值,可以延長保質期,避免因季節變化造成的供應短缺。

大嘴黑鱸 (Micropterus salmoides) 與其他養殖魚類相比,具有更高的經濟價值和鮮美的口感。其魚肉含有約5%的脂質和超過50%的多元不飽和脂肪酸,在儲存和加工過程中對氧化敏感。因此,冷凍水產品需要更好的解凍方法來保持其原有品質。

食品解凍的方法有空氣解凍、水解凍、冰箱解凍、微波解凍、超聲波解凍、高壓電場解凍、高壓解凍等多種方式。然而,每種解凍方法都有其自身的缺點,會導致滴水損失、營養價值損失、脂質和蛋白質氧化以及微生物繁殖。因此需持續探索有利於保持冷凍魚品質的更好的解凍方法。

微波解凍法是屬於內部加熱方式,其原理是電磁波對冷凍品中的高分子和低分子的極性基團作用,尤其對水分子造成特殊反應,它使極性分子在高頻變化的電磁場中不斷地改變排列方向,變化時分子之間進行旋轉、振動,互相碰撞、摩擦,產生熱量。電磁波的頻率越高,碰撞和摩擦作用越大,發熱量越多,解凍速度越快。常見的微波解凍具有許多優點,例如解凍時間短、效率高和控制簡單。然而,由於解凍過程中溫度分佈不均勻,它在加熱中會有過熱和低熱轉換的問題。

超聲波解凍與微波解凍相比,解凍更均勻,因為超聲波攜帶的振動能量被食物吸收,轉化為自身的熱能,且冷凍區的超聲波吸收率遠高於解凍區(Cai et al., 2019)。但超聲波解凍的缺點是經過高頻下,肉製品中會出現空化現象,導致表面過熱和超聲波穿透力差,解凍時間比微波時間更長。

遠紅外輻射以電磁輻射的形式產生能量。當紅外輻射接觸食物表面時, 根據化學鍵的性質,紅外線能量被分子間的躍遷所吸收以完成加熱過程,這 種方法容易導食物解凍不均勻、表面溫度過高和水分流失。但與傳統的解凍 方式相比,其成本更低,產品質量更高,因此被普遍用於加熱食物。

磁性奈米粒子 (Magnetic nanoparticles, MNP) 所含的金屬性具有良好吸熱及傳導熱能的功效,其具有超順磁性,可用於產生磁熱效應。微波輔助 MNP 具有瞬間能提高能量釋出熱能的特性,在外磁場的作用下,可以快速磁化,受熱後順磁狀態發生變化,加速解凍魚片中極性分子劇烈運動引起的熱傳導。在解凍速率和溫度分布上有加乘作用(Etheridge et al., 2014)。

真空解凍利用真空狀態下,壓力不同,水的沸點不同,水在真空室中 沸騰時,形成的水蒸氣遇到溫度更低的凍結食品時就在其表面凝結成水 珠,蒸汽凝結時所放出的潛熱,被凍結食品吸收,使凍品溫度升高而解 凍。優點為食品表面不受高溫介質影響,而且解凍時間短,解凍過程中減 少食品氧化變質,解凍後產品品質好,因濕度提高,食品解凍後汁液流失少。

本研究旨在評估不同解凍方式對大嘴黑鱸魚片解凍後理化性質和結構的影響。

二、研究方法

(一)樣品製備

使用重 700 ± 30 g、長 30 ± 5 cm 的大嘴鱸魚,取得兩側魚片並切成約 20 克重 $(3\times3\times2$ 立方公分)。將魚片隨機分為 7 組, 1 組為生鮮魚片 (fresh sample, FS),其餘 6 組以每個魚片單獨包裝在聚乙烯袋中,並在- 20° C 下冷凍 48 小時以確保完全冷凍。並採用 6 種不同處理方式解凍。

(二)解凍方法

採用六種不同的解凍方式,每種解凍方式過程中的溫度檢測和過程 終止皆相同。透過熱電偶探頭記錄核心溫度。當溫度達到 0°C 時,解凍 過程則終止。

- 1. 常規解凍 (CT): 將冷凍魚片放入 4°C 的冰箱中,透過熱電偶探頭記錄核心溫度。當溫度達到 0°C 時,解凍過程終止。
- 2. 微波解凍 (MT): 將冷凍魚片放入 250ml 燒杯中微波解凍。解凍條件:頻率為 2,450 MHz、功率為 300 W。
- 3. 微波結合真空解凍 (MVT): 將冷凍魚片放在微波托盤上, 然後放入 微波真空乾燥箱。解凍條件: 頻率 2,450 MHz、功率 300 W。
- 4. 真空結合超聲波解凍 (UVT): 將真空瓶放入超聲波清洗機中,約三分之二的真空瓶浸入水浴。解凍條件:頻率 40 kHz、功率 200 W,水溫控制在 10°C。
- 5. 微波結合 MNP 解凍 (MMT): 將冷凍魚片密封在聚乙烯袋中並放入 含有 0.1 mg / mL MNP 溶液 (Fe₃O₄, 10~30 nm) 的 250 mL 燒杯中,然後將燒杯放入微波爐。解凍條件: 頻率 2450 MHz、功率 300 W。
- 6. 遠紅外線結合 MNP 解凍 (FMT): 將冷凍魚片密封在聚乙烯袋中並完全浸入裝有 MNP 溶液 (0.1 mg / mL Fe₃O₄, 10~30 nm) 的 250 mL 燒杯中,並將燒杯放在裝有紅外線燈管的恆溫櫃。溫度設定在10°C。

(三)理化性質的測定

 解凍損失:由冷凍魚片在解凍前後的重量差確定,表示為: 解凍損失 (%) = (m1- m2) / m1 × 100%

(m1 是解凍前魚片的重量, m2 是魚片的重量解凍後的魚片)。

2. 蒸煮損失: 將冷凍魚片放入蒸煮袋中,在85°C的水浴中加熱10分鐘,直到魚片的中心溫度達到75°C。蒸煮損失的計算公式如下:

蒸煮損失 (%) = (m3 - m4) m3 × 100%

(m3 是蒸煮前魚片的重量, m4 是蒸煮後魚片的重量)。

- 3. 酸鹼度:解凍後,將 5 克碎魚肉放入燒杯中,加入 45 mL 去離子水, 勻漿 1 min,靜置 30 min,再過濾。pH 值由濾液測定。
- 4. 顏色測量:色度計用於確定解凍魚片的顏色。色度計系統呈現三種不同顏色分量 (L*, a*, b*)、亮度 (L*)、紅色/綠色 (a*)、藍色/黃色 (b*)的值。在每個解凍魚片的三個不同位置隨機進行顏色測量並取平均值。在測量之前使用白色標準板校准設備。
- 5. 紋理:解凍魚片被切成 2×2×2 cm³的立方體,重約 7.5±0.05 g。使用質地分析儀分析樣品。所有樣品一式三份進行,取其平均值進行統計分析。
- (四)核磁共振呈像分析儀 (Low-field nuclear magnetic resonance, LF-NMR) LF-NMR 分析儀用於測量解凍魚片的水分。將樣品切成 1 × 1 × 1.5 cm (2.0 ± 0.05 g), 放入核磁共振管 (15 × 20 mm) 中。通過脈衝序列 (CPMG) 測量橫向 (T2) 弛豫時間,每個樣品進行五次重複。

(五)總揮發性基態氮

稱取 10 克切碎的魚肉和 1 克氧化鎂,然後放入 750 ml 消化管中使用自動凱氏定氮儀測定,單位為 mg N / 100 g。每個實驗進行 3 次。

(六)硫代巴比妥酸 (Thiobarbituric acid, TBA)

將 10 克魚糜放入燒杯中,加入 25 mL 去離子水和 10%三氯乙酸溶液 (trichloroacetic acid solution, TCA),均質 1 分鐘。在室溫下靜置 30 分鐘後,將 5 mL 上清液加入到包含 5 mL 的 0.02 mol/L TBA 溶液的比色管中。將可混溶的液體在水浴中恆溫 (80°C) 加熱 40 分鐘。冷卻至室溫後,用紫外分光光度計測定樣品在 532 nm 處的吸光度。

(七)顯微組織

- 顯微觀察:將魚片沿纖維切成 10 × 10 × 10 mm³,並在-20°C的冰箱中儲存 15 分鐘。然後使用切片機將樣品切成 10 μm 厚的切片,並用蘇木精-伊紅 (hematoxylin-eosin, HE) 染色後使用顯微鏡觀察。
- 2. 掃描電鏡:使用掃描電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 觀察魚片結構。將大口黑鱸魚片沿著纖維切成小矩形部分 (5×5×5 mm³),浸入 4°C 的 2.5%戊二醛溶液中固定 24 小時,然後用 0.2 mol/L 磷酸鹽緩衝液 (pH 7.0) 沖洗 10 分鐘。為防止固定殘留,樣品用去離子水洗滌,然後每個溶液在濃度為 50%、60%、70%、80%、90%和 100%的乙醇梯度中脫水 10 分鐘。之後,使用冷凍乾燥機將樣品冷凍乾燥 24 小時。最後,將乾燥的切片成 10 nm 大小塗上蓋玻片上進行觀察。

(八)數據分析

所有實驗皆進行三重複。所有數據均表示為平均值和標準差

(standard deviations, SDs) (SPSS 22.0, Chicago, IL, USA), 在鄧肯新多重差距檢測 (Duncan's New Multiple Range Test) 後使用單因子獨立變異數分析 (ANOVA) 進行比較。P 值小於 0.05 被認為是顯著差異。所有數據均由 OriginPro 9.0 (OriginLab Co., Northampton, MA, USA) 獲得。

三、結果與討論

(一)解凍損失、烹調損失、pH 值

表 1 顯示了不同解凍方法對魚的解凍損失、烹煮損失和 pH 值的影響。各組解凍損失從低到高分別為 MT、CT、FMT、MVT、UVT 和 MMT。 MT 的解凍損失 (1.59 ± 0.14%) 顯著低於除 CT 以外的其他解凍方法,這可能歸因於其更短的解凍時間。UVT 和 MMT 之間沒有顯著差異,但高於 MVT 和 FMT,說明 UVT 和 MMT 在解凍過程中失水較多。

從質地分析的結果來看,那些具有較高解凍損失的樣品也具有較大的硬度和較低的彈性。MT樣品會有解凍損失較小但硬度最高、彈性較低的狀況,其原因是蛋白質在MT期間由於局部過熱而變性。隨著冷凍過程中冰晶體積的增加,會對魚的組織造成一定的機械損傷,導致解凍後汁液流失。此外,冰晶融化成水,無法與變性的蛋白質分子復合,會導致魚片的持水能力下降(Xu, Guo, Ding, An, & Wang, 2014)。

所有解凍方法之間的烹煮損失均無顯著差異,說明不同解凍方式對蒸煮損失的影響不大。但與 FS 相比,這些解凍方式的魚片,其烹煮損失都有顯著增加。Xu 等人 (2014) 和 Leygonie, Britz, and Hoffman (2012) 的研究中提到,在凍融過程中,冰晶的形成和融化會對細胞結構造成一定的破壞,降低細胞間的結合力。在外力 (熱處理) 的作用下,肌肉中的水分容易流出,導致烹煮損失增加。此外,這種結合能力的降低也會對解凍魚片的質地 (硬度、咀嚼性、彈性等) 產生影響。

另表 1 顯示,pH 值具有從 6.71 到 7.04 的差距。其中 UVT 和 MMT 樣品與 FS 沒有顯著差異。但 CT、MT、MVT、FMT 的樣品,pH 值顯著升高,表明解凍方法會影響 pH 值。解凍魚片的 pH 值升高可能是由於涉及咪唑、巯基和羥基的化學鍵斷 裂 (Sánchez, Gázquez & Ruiz-Carrascal, 2012)。

(二)顏色測量

魚片的顏色是消費者選擇時的直觀指標,顏色與水分含量和分佈密切相關 (Hughes, Oiseth, Purslow, & Warner, 2014)。表 2 顯示了不同解凍方法對魚片顏色的影響。除了 MMT 所有解凍魚片與 FS 相比,L*值均顯著降低,但它們的 E*有相反的趨勢,這是由於解凍過程中的蛋白質聚集所致 (Hughes et al., 2014)。解凍魚片的 a*值顯著低於 FS,解凍魚片的 b*值顯著高於 FS。

魚片顏色的變化與肌血紅蛋白的氧化有關。高鐵肌紅蛋白還原酶的活性在冷凍時受到抑制,然後高鐵肌紅蛋白不會轉化為氧合肌紅蛋白,導致高鐵肌紅蛋白的積累,並影響魚的顏色 (Thanonkaew, Benjakul, Visessanguan, & Decker, 2006)。一般來說,FMT 對魚片的顏色變化影響不大,並保持了與新鮮魚片相似的顏色特徵。

(三)質地概況分析(TPA)

TPA 反應魚片品質的變化,其指數的四個代表指標為:硬度、彈性、 咀嚼性和回彈性。

表 3 中所有解凍魚片的硬度、彈性、咀嚼性和回彈性均呈下降的趨勢。解凍過程對魚片的咀嚼性和回彈性有較大的影響,但對部分解凍魚片之間的硬度和彈性影響較小。

MT和 MMT 樣品的硬度與 FS 相似,原因是魚片在微波中過熱導致魚蛋白氧化和聚集 (Cai et al., 2018)。魚片的質地主要與肌肉組織的纖維狀態 (如有序/無序、緊湊/鬆散、光滑/不均勻等) 有關。魚體內的蛋白質變性和微生物分解導致質地退化 (Hern'andez et al., 2009)。

彈性方面,FS、MVT和FMT樣品的彈性沒有顯著差異,但遠高於其他樣品,表明 MVT和FMT處理均保持了魚片原有的彈性特性。在無氧解凍環境中進行的 MVT處理可以減少魚片的蛋白質氧化。對於FMT處理,遠紅外產生的熱量首先被 MNP溶液吸收,然後整個冷凍魚片被MNP通過傳導效應加熱解凍 (Cao et al., 2018)。所有解凍魚片的咀嚼性變化趨勢與硬度相似。與FS相比,所有解凍魚片的彈性顯著降低,但所有解凍方法之間均無顯著差異。

(四)低場核磁共振

所有樣品的水流動性和分佈都可以通過 LF-NMR 測量來確定。

圖 2A 顯示了大口黑鱸魚片中,四種類型的水分佈,0 ms < T_{2b} < 1 ms、1 ms < T₂₁ < 10 ms、10 ms < T₂₂ < 100 ms、100 ms < T₂₃ < 1000 ms。T_{2b}和 T₂₁代表與大分子緊密結合的結合水。T₂₂是位於肌原纖維蛋白網絡內的固定水。T₂₃代表自由水,在細胞空間之外,很容易丢失 (Zou, Zhang, Kang & Zhou, 2018)。CT 樣品中固定化水的峰值最低,表明與其他處理相比,CT 樣品中的固定化水含量最低。這一結果可能是由於在 CT 解凍過程中固定化水轉化為游離水的機會更多,導致固定化水峰降低。MVT 和 FMT 處理都顯示出比其他處理更多的固定水,更接近FS。這表明在 MVT 和 FMT 解凍過程中對水流動性的損害很小。

T2 結果如圖 2B-D 所示。與 FS 相比,解凍樣品的 T21和 T22 有增加的趨勢,表明水的流動性增加了。減少的結合水可能受到蛋白質聚集和構象變化的影響。此外,特定親水基團的變化和損失也可能導致解凍過程中結合水的波動。對於圖 2D,解凍魚片的 T23 顯著低於 FS (P < 0.05),但在解凍樣品中未發現顯著差異 (P > 0.05),這與解凍樣品中的水流動

性低於 FS 相關。

如圖 2E 所示,不同 T2 區間積分面積的總面積百分比可用 P2表示。所有樣品的結合水 (P21) 沒有顯著差異 (P>0.05),而固定水 (P22) 和自由水 (P23) 在解凍魚片中的變化更為顯著。MVT 和 FMT 樣品中的 P22 沒有顯著差異 (P>0.05),與 FS 樣品相比略低,但高於其他四種解凍方法。MVT 和 FMT 樣品中 P23 的值高於 FS,但與其他解凍樣品相比明顯降低。這些結果與 SEM 一致,表明 MVT 和 FMT 處理對纖維結構的破壞很小。但在 MT 樣品中發現了最低的 P22 和最高的 P23,表明更多的固定水變為自由水。這一結果是由於微波振動使水和其他大分子之間的氫鍵鬆動 (Ersoy & O¨zeren, 2009)。此外,如果使用不合適的解凍方法,肌原纖維中的微結構就會破裂 (Xia, Kong, Liu, Diao, & Liu, 2012)。通常 MVT 和 FMT 解凍處理可以保持與 FS 相似的水容量。

(五)總揮發性基態氮

不同解凍方式的大嘴鱸魚片 TVB-N 值變化見圖 3A。

與FS相比,所有解凍樣品的TVB-N值均顯著增加,MVT和FMT樣品之間無顯著差異,且低於其他四個樣品。TVB-N值越高,說明魚蛋白中的蛋氨酸和酪氨酸被破壞越多,營養流失越多(Lu, 2009)。這些結果表明,MVT和FMT處理中蛋白質裂解小。

Mousakhani-Ganjeh 等人(2015)的研究結果顯示,通過使用 HVEF解凍方法,TVB-N 值會顯著降低,並且隨著電場強度的增加,更多的空氣被電離 (主要是氧氣),進而增強了抗菌性能 (Karaca & Velioglu, 2014)。針對 MVT 處理,較低 TVB-N 值可能是由於可以與氧氣隔離的真空環境。

(六)硫代巴比妥酸 TBA 值

TBA 值可以反應丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 的含量,丙二醛是一種二級脂質氧化產物,可以用來判斷魚片中脂肪的氧化酸敗程度。不同解凍魚片的 TBA 值如圖 3B 所示。除 FMT 樣品外,解凍魚片的 TBA 值顯著高於 FS (P < 0.05),這表明 FMT 處理中脂質的氧化酸敗較少。在 UVT 樣品中發現 TBA 值最高,這可能與超聲波的熱、機械作用和空化效應有關。脂肪的氧化酸敗程度與 TBA 呈正相關 (Li, Li, Hu, & Li, 2013)。當使用不適當的解凍可能會破壞細胞結構並導致細胞釋放促進脂質氧化的促氧化劑時,TBA 值會增加 (Benjakul & Bauer, 2001)。

(七)顯微觀察

如圖 4 所示,可以觀察不同解凍方法的魚片的微觀結構特徵。FS 中顯示了組織良好的纖維排列,這些肌肉纖維與結締組織一起被肌纖維膜包圍 (Ozuna, Puig, Garc´ıa-P´erez, Mulet, & C´arcel, 2013)。所有解凍樣本中肌原纖維之間的空間變得更寬。與其他解凍樣品相比, MT 處理對

魚片顯微結構的破壞最大。這個結果可能是由於 MT 樣品上的微波局部加熱,這可能導致肌肉纖維斷裂。UVT 樣品中肌原纖維排列紊亂,肌原纖維重疊,這暗示 UVT 解凍魚片的肌原纖維被破壞。對於 MVT 來說,與 FS 相比,纖維是中空且彎曲的。CT、MMT、FMT 的纖維直,但 MMT的纖維間隙較寬,CT和 FMT 纖維的肌纖維膜均能觀察到。這些結果表明 CT和 FMT 方法在解凍過程中對魚片顯微結構的損傷較小。

(八)掃描電子顯微鏡

圖 5 為不同解凍方式魚片的肌纖維垂直斷面。FS 中肌原纖維明顯,肌纖維排列整齊,無斷裂、斷裂現象。CT 標本中肌原纖維也清晰可見,有一些彎曲,而 MMT 標本中部分肌原纖維彎曲並纏繞。MT 和 UVT 樣品由於纖維斷裂,肌肉表面雜亂粗糙,肌原纖維交聯,肌原纖維間隙較大。但 MVT 和 FMT 樣品表面光滑,沒有出現凹凸不平,這兩種纖維都是筆直有序的。

SEM 的這些結果與顯微鏡觀察的結果一致。肌外膜和肌內膜破裂或水流出可引起肌原纖維收縮和斷裂。這些可能是由於肌肉纖維過度脫水或解凍不均勻,這與空氣與冷凍魚片之間的巨大溫差或微波和遠紅外線過熱有關。同時,解凍魚片的微觀結構變化也會影響保水能力 (Bertram, Schäfer, Rosenvold, & Andersen, 2004)。因此,SEM 結果可以驗證 LF-NMR 的結果,那些無序排列的纖維失水量較大。這表明纖維的機械約束與固定化失水量呈負相關 (Xia et al., 2012)。

(九)相關性分析

表 4 為不同解凍方式下魚片的解凍損失、蒸煮損失、pH、L*、a*、b*、E*、硬度、彈性、咀嚼性、回彈性、TVBN和 TBA 值的相關性分析。皮爾森相關係數 (Pearson's correlations) 較高表示指標之間存在較好的相關性。烹飪損失、a*和 TVB-N 之間、L*和 E*之間、硬度和咀嚼性之間的相關性均高於 0.80 (P < 0.01)。這些結果表明,這些指標之間存在一定的正負相關,並且相互影響,一些指標的結果可以用來評價與它們有良好相關性的其他指標的結果。總體而言,這些指標之間的相關性在 0 水平上更為顯著。

四、結論

解凍魚片的解凍損失從小到大分別為 MT、CT、FMT、MVT、UVT和MMT。根據紋理結果,MVT和 FMT 樣品的彈性明顯高於其他解凍方法,顏色與 FS 相似。根據 TVB-N和 TBA 測量,使用 MVT和 FMT 處理的解凍魚片中的蛋白質和脂質氧化程度相對較低。LF-NMR 顯示 MVT和 FMT 樣品中的固定水和結合水與 FS 相比沒有顯著差異,並且與其他解凍方法相比,它們中細胞內水轉化為游離水的含量更少。CT、MVT、FMT 樣品的肌原纖維束透過顯微觀察和 SEM 測量得知,其具有排列整齊、平滑的狀況,除此之外,與其他解凍樣品相比,其纖維之間的空間尺寸更小。總之,結果表明,

MVT 和 FMT 保持了良好的魚片質量。

然而,磁性納米材料的安全性爭論主要集中在不確定性和未知因素上。 到目前為止,磁性納米顆粒的毒性還不是很清楚,這限制了其在工業領域的 實際應用,MNPs的安全性還有待進一步研究探索。因此,考慮到安全性、 經濟性、效率和消費者接受度,MVT是一種很有前景的商業應用解凍方法。

五、圖表

1. Table 1–The thawing loss, cooking loss, and pH of thawed fillets by different thawing methods.

Thawing treatments	Thawing loss (%)	Cooking loss (%)	рН
FS	_	8.19 ± 0.46^{b}	6.71 ± 0.04^{e}
CT	2.19 ± 0.52^{cd}	12.54 ± 0.40^{a}	$6.92 \pm 0.03^{\circ}$
MT	1.59 ± 0.14^{d}	12.47 ± 0.71^{a}	7.00 ± 0.01^{b}
MVT	2.92 ± 0.03^{b}	13.59 ± 0.53^{a}	7.04 ± 0.01^{a}
UVT	3.89 ± 0.70^{a}	13.29 ± 2.02^{a}	6.74 ± 0.00^{e}
MMT	4.05 ± 0.16^{a}	13.61 ± 0.14^{a}	6.71 ± 0.01^{e}
FMT	2.49 ± 0.13^{bc}	11.97 ± 1.99^{a}	6.84 ± 0.01^{d}

Values represent means \pm standard deviation. Different letters in the same column indicate significant difference (P < 0.05).

2. Table 2–The color of thawed fillets by different thawing methods.

Thawing treatments	L*	a*	b*	ΔE^*
FS	44.25 ± 0.10 ^b	0.53 ± 0.11^{a}	$-3.33 \pm 0.53^{\circ}$	50.92 ± 0.09 ^d
CT	40.42 ± 0.18^{d}	-0.19 ± 0.01^{c}	-1.51 ± 0.10^{b}	54.50 ± 0.17^{bc}
MT	40.00 ± 0.53^{d}	-0.22 ± 0.02^{c}	-1.94 ± 0.29^{b}	55.11 ± 0.63^{b}
MVT	41.90 ± 0.41^{c}	0.07 ± 0.09^{b}	-2.31 ± 0.05^{b}	53.11 ± 0.42^{c}
UVT	37.68 ± 0.93^{e}	-0.15 ± 0.10^{c}	-2.01 ± 0.36^{b}	57.27 ± 0.91^{a}
MMT	46.18 ± 1.04^{a}	0.11 ± 0.08^{b}	0.19 ± 0.21^{a}	48.61 ± 1.04^{e}
FMT	43.27 ± 1.48^{bc}	0.20 ± 0.03^{b}	-0.01 ± 0.92^{a}	51.53 ± 1.52^{d}

Values represent means of three samples \pm standard errors. Different letters in the same column indicate significant difference (P < 0.05).

3. Table 3-The TPA of thawed fillets by different thawing methods.

Thawing treatments	Hardness	Elasticity	Chewiness	Resilience	
FS	$1,966.80 \pm 605.28^{a}$	0.79 ± 0.01^{a}	$1,082.90 \pm 328.70^{a}$	0.52 ± 0.01^{a}	
CT	934.05 ± 305.73 ^b	$0.66 \pm 0.04^{\circ}$	$360.75 \pm 107.71^{\circ}$	0.34 ± 0.02^{bc}	
MT	$2,030.79 \pm 503.22^{a}$	0.64 ± 0.02^{c}	731.88 ± 194.28^{b}	0.34 ± 0.01^{bc}	
MVT	$1,042.53 \pm 206.54^{b}$	0.75 ± 0.08^{ab}	463.64 ± 100.05^{bc}	0.33 ± 0.02^{c}	
UVT	$1,612.40 \pm 370.89^{ab}$	0.68 ± 0.02^{bc}	616.83 ± 105.95^{bc}	0.33 ± 0.03^{bc}	
MMT	$1,889.83 \pm 222.95^{a}$	0.56 ± 0.03^{d}	584.30 ± 39.42^{bc}	0.37 ± 0.02^{b}	
FMT	$1,200.10 \pm 119.14^{b}$	0.74 ± 0.02^{ab}	495.52 ± 68.58^{bc}	0.35 ± 0.02^{bc}	

Values represent means of three samples \pm standard errors. Different letters in the same column indicate significant difference (P < 0.05).

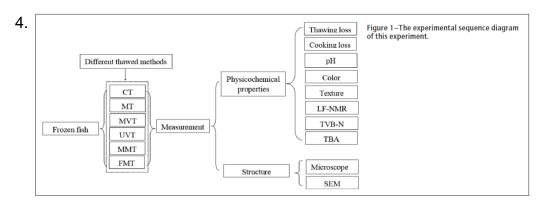


Figure 1–The experimental sequence diagram of this experiment.

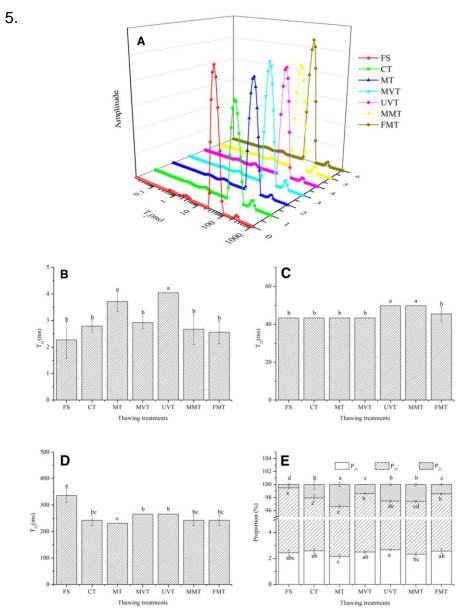


Figure 2–Effect of different thawing treatments on moisturemigration in largemouth bassmeat. Distribution of the LF-NMR T2 (A), T21 (B), T22 (C), and T23 (D) relaxation times of fish meat with different

thawing treatments. The percentage of the total area of the integral area of different T2 intervals is shown in Figure 2E. "a–e" letters indicate significant difference (P < 0.05). Error bars show standard deviation.

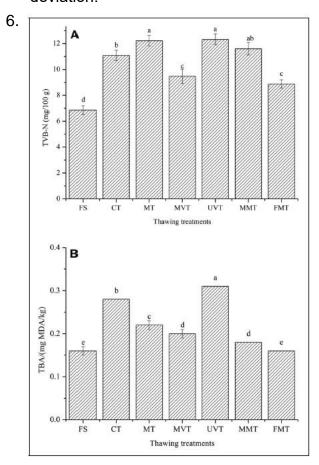


Figure 3–(A) Effects of different thawing methods on TVB-N of largemouth bass. (B) Effects of different thawing methods on TBA of largemouth bass.

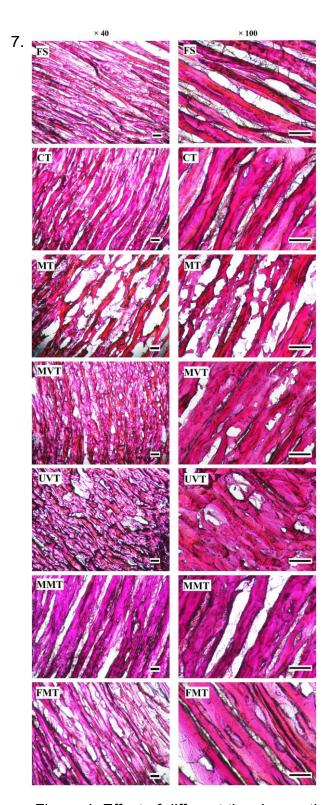


Figure 4–Effect of different thawing methods on muscular tissue of largemouth bass (microscope magnifications \times 40, \times 100, the length of scale mark in each figure is 100 μ m).

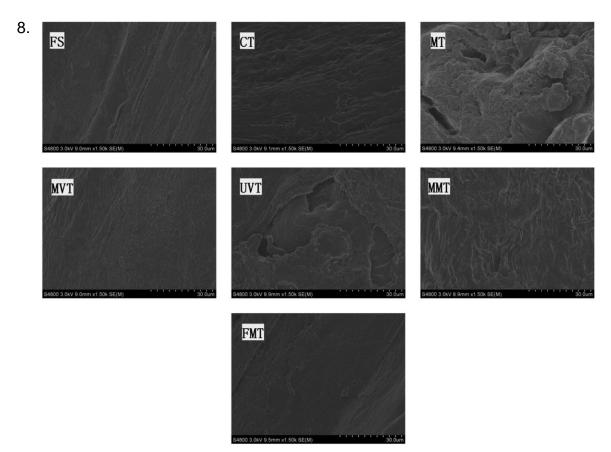


Figure 5-Effect of different thawing methods on the microstructure of largemouth bass muscle (× 1.5 K).

9. Table 4–The correlation analysis of indicators values.

	Thawing loss	Cooking loss	pН	L^{ullet}	a*	b*	Δ <i>E</i> *	Hardness	Elasticity	Chewiness	Resilience	TVB-N	TBA
Thawing loss	1												
Cooking loss	0.469*	1											
рН	-0.067	0.213	1										
L^*	-1.06	-0.315	-0.343	1									
a*	-0.322	-0.628**	-0.426	0.730**	1								
b*	0.568**	-0.058	-0.126	0.358	-0.35	1							
ΔE^*	0.071	0.308	-0.348	-0.998**	-0.718**	-0.400	1						
Hardness	-0.223	-0.082	-0.356	0.174	0.159	-0.124	-0.156	1					
Elasticity	-0.569**	-0.455*	0.095	-0.101	0.423	-0.557**	0.122	-0.232	1				
Chewiness	-0.582**	-0.358	0.373	0.197	0.448*	-0.454*	-0.165	0.839**	0.233	1			
Resilience	-0.668**	-0.467*	-0.523*	0.489*	0.686**	-0.455*	-0.456*	0.409	0.429	0.745**	1		
TVB-N	0.615**	0.665**	0.161	-0.494*	-0.810**	0.330	0.472*	0.076	-0.705**	-0.390	-0.707**	1	
TBA	0.788**	0.824**	0.019	-0.185	-0.470*	0.217	0.168	0.131	-0.653**	-0.274	-0.529*	0.757**	1

^{*}Correlation is significant at 0.01 level (P < 0.05). **Correlation is significant at 0.05 level (P < 0.01).

參考文獻

- Cai, L., Zhang, W., Cao, A., Cao, M., & Li, J. (2019). Effects of ultrasonics combined with far infrared or microwave thawing on protein denaturation and moisture migration of Sciaenops ocellatus (red drum). Ultrasonics Sonochemistry, 55, 96–104.
- 2. Etheridge, M. L., Xu, Y., Rott, L., Choi, J., Glasmacher, B., & Bischof, J. C. (2014). RF heating of magnetic nanoparticles improves the thawing of cryopreserved biomaterials. Technology,2(3), 229–242.
- 3. Xu, Z., Guo, Y., Ding, S., An, K., & Wang, Z. (2014). Freezing by immersion in liquid CO2 at variable pressure: Response surface analysis of the application to carrot slices freezing. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 22, 167–174.
- 4. S'anchez Del, P. J., G'azquez, A., & Ruiz-Carrascal, J. (2012). Physicochemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. Meat Science, 90(3), 828–835.
- 5. Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. Meat Science, 98(3), 520–532.
- 6. Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Decker, E. A. (2006). The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (Sepia pharaonis) subjected to multiple freeze–thaw cycles. Food Chemistry, 95(4), 591–599.
- 7. Cai, L., Cao, M., Cao, A., Regenstein, J., Li, J., & Guan, R. (2018). Ultrasound or microwave vacuum thawing of red seabream (Pagrus major) fillets. Ultrasonics Sonochemistry, 47, 122–132.
- 8. Herna´ndez, M. D., Lo´pez, M. B., A´ Ivarez, A., Ferrandini, E., Garc´ıa, B. G., & Garrido, M. D. (2009). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (Argyrosomus regius) fillets during ice storage. Food Chemistry, 114(1), 237–245.
- 9. Cao, M., Cao, A., Wang, J., Cai, L., Regenstein, J., Ruan, Y., & Li, X. (2018). Effect of magnetic nanoparticles plus microwave or far-infrared thawing on protein conformation changes and moisture migration of red seabream (Pagrus major) fillets. Food Chemistry, 266, 498–507.
- 10.Zou, Y., Zhang, W., Kang, D., & Zhou, G. (2018). Improvement of tenderness and water holding capacity of spiced beef by the application of ultrasound during cooking. International Journal of Food Science &

- Technology, 53(3), 828-836.
- 11. Ersoy, B., & O" zeren, A. (2009). The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chemistry, 115(2), 419–422.
- 12.Xia, X., Kong, B., Liu, J., Diao, X., & Liu, Q. (2012). Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle. LWT-Food Science and Technology, 46(1), 280–286.
- 13.Lu, S. (2009). Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (Fenneropenaeus chinensis). LWT-Food Science and Technology, 42(1), 286–291.
- 14. Mousakhani-Ganjeh, A., Hamdami, N., & Soltanizadeh, N. (2015). Impact of high voltage electric field thawing on the quality of frozen tuna fish (Thunnus albacares). Journal of Food Engineering, 156, 39–44.
- 15. Karaca, H., & Velioglu, Y. S. (2014). Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. Postharvest Biology and Technology, 88, 46–53.
- 16. Li, T., Li, J., Hu, W., & Li, X. (2013). Quality enhancement in refrigerated red drum (Sciaenops ocellatus) fillets using chitosan coatings containing natural preservatives. Food Chemistry, 138(2–3), 821–826.
- 17. Benjakul, S., & Bauer, F. (2001). Biochemical and physicochemical changes in catfish (Silurus glanis Linne) muscle as influenced by different freeze–thaw cycles. Food Chemistry, 72(2),207–217.
- 18. Ozuna, C., Puig, A., Garc´ıa-P´erez, J. V., Mulet, A., & C´arcel, J. A. (2013). Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural properties of pork meat (Longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations. Journal of Food Engineering, 119(1), 84–93.
- 19. Bertram, H. C., Sch¨afer, A., Rosenvold, K., & Andersen, H. J. (2004). Physical changes of significance for early post mortem water distribution in porcine M. longissimus. Meat Science, 66(4), 915–924.
- 20. Xia, X., Kong, B., Liu, J., Diao, X., & Liu, Q. (2012). Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle. LWT-Food Science and Technology, 46(1), 280–286.

問題與討論:

- 1. 研究中有說核磁共振要麼看出結合水、固定水、跟自由水的差異嗎? A:利用電磁波的震動來去影響待測物,越堅固越固體的樣品,越容易偵測 到震動,因此在越短的時間內就會有震動反饋給儀器。而結合水與食物的 鍵結緊密,因此越快偵測,而自由水是可以流動的液體,最晚偵測到,而 固定水則在兩者中間。因此使用偵測時間的秒數來描述他所偵測到的水分 布。
- 2. 奈米磁性的解凍原理?

A: 奈米磁性有高的比表面積,而且對雷達訊號或紅外線波段有良好的吸收性能,因其具有超順磁性,如果技巧性地改變外加磁場,奈米磁鐵礦會因外來電磁波的感應而產生振動,進而釋放熱量,達到產生高溫加熱的效果。

- 3. 解凍方式有的有真空,有的沒有真空,對於解凍有什麼幫助? A:作者有參考先前他的其他研究,他做了很多不同的解凍方式,相互比較,做很多探討,而本篇使用真空可能是因為他對於脂質氧化跟蛋白脂氧化的影響較小,來與其他解凍方式進行比較。
- 4. MT 對於樣品的蒸煮損失最少,但 MT 對纖維結構來看破壞很大,結論又說 到 CT、MVT、FMT 的纖維觀察比較好,但是他們的解凍損失卻比較差, 這兩個結果是有點互相違背的,請問有什麼看法?

A:解凍損失中 MVT 為第四名 FMT 為第三名,在顏色測量中 FMT 顏色最佳,在 TPA 分析中 MVT 及 FMT 的彈性佳,在水分布的較接近 FS,在 TVB-N 值 MVT 及 FMT 最小,TBA 則 FMT 最小再來是 MVT。在纖維觀察中,FMT 的纖維觀察都較好,MVT 的纖維觀察較差一些,但介於中間,而 SEM 中的 FMT 與 MVT 皆表面光滑有序。

因此我認為可能是作者在多方面比較之下得出的結論,但也有可能是因為這是作者新創的方法,所以當然要說自己的實驗方式較好,只是實驗結果可能沒完全支持這個結論。

5. 看完這篇文獻有沒有什麼想法?正常解凍的方式效果也不錯,為什麼要探討這麼多解凍方式?建議同學哪種解凍方式較好?

A:以家庭解凍條件來說當然就是使用冷藏解凍最佳,但是商業解凍會因為 不同的產品特性跟產品總量而有差異,當然必須要將很多變因考量進去, 因此才會有文獻探討不同解凍方式的差異。