

## 低油裹麵漿魚塊前處理製程之探討

陳淑德 郭禹澤 彭佳苓 陳輝煌\*

國立宜蘭大學 食品科學系

(接受刊載日期: 中華民國九十八年三月二十七日)

本研究目的是在利用添加羥丙基甲基纖維素 (HPMC) 裹麵漿配方, 以不同前處理方式取代傳統預油炸製程, 並分析油炸後裹麵漿魚塊產品的品質。其中添加1% HPMC裹麵漿魚塊以前處理方法如: 預油炸、微波加熱、微波蒸氣、熱水加熱後再以微波加熱及蒸氣加熱, 使產品表面的裹麵漿成型, 再製成冷凍魚塊, 最後經180°C油炸3 min以製成油炸裹麵漿魚塊, 並分析麵皮的裹麵率、色澤、水分含量及油脂含量、剪切力和變形量。結果顯示, 麵漿中含有HPMC的裹麵率較高, 前處理中以預油炸的裹麵皮的顏色較黃, 而其他前處理裹麵皮呈現白色、明亮度 (L\*) 高, 但經過最終油炸後, 裹麵皮的黃色度皆大幅增加, 呈現金黃色澤。添加1% HPMC的麵漿者, 經前處理的裹麵皮可減低油脂含量, 其中以蒸氣加熱的裹麵皮之油脂含量最低。最終油炸後, 以熱水、微波加熱前處理者, 裹麵皮的剪切力較大, 而以未添加HPMC的控制組比其他對照組的麵皮被切斷所需的變形量為高。

**關鍵字:** 油炸, 裹麵漿, 前處理, 羥丙基甲基纖維素, 微波, 油脂。

### Study of Pretreatments of Low Fat Batter Fish Nuggets

Su-Der Chen, Yu-Tse Kuo, Gia-Lin Peng and Hui-Huang Chen\*

Department of Food Science, National Ilan University, Taiwan

(Accepted for publication: March 27, 2009)

The aim of this study was to investigate the effects of batter containing hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) and different pretreatments instead of pre-frying on the quality of battered fish nuggets. The fish nuggets coated by the batter containing 1% HPMC was pretreated by different heating processes, such as pre-frying, microwave, microwave with steam, hot water heating following microwave, and steam to form the crusts and were frozen, and then fried at 180°C for 3 min. The crusts of fried fish nuggets were analyzed by the pick-up value, color, water and oil contents, shear force and deformation. The results showed that batters with 1% HPMC had higher pick-up values than the control. The pre-fried crust had yellow color, and others were white color with higher L\* values. The golden yellow color and higher b\* values appeared on all final fried crusts. The crusts containing 1% HPMC had lower oil contents than the control. The hot water following microwave heating treatment had higher shear force in the final fried crust. The control had higher deformation of final fried crust than other treatments.

**Key words:** Frying, Batter, Pretreatment, HPMC, Microwave, Oil.

### 前 言

油炸裹麵漿的食品具有鬆脆的外殼組織, 增進食品的色澤與香味, 廣受各年齡層消費者所喜愛。裹麵皮 (crust) 可包裹食品中的汁液, 並可避免麵皮內的食物香味或營養成分之損失<sup>(1)</sup>, 但經油炸也易由於吸油而造成油炸裹

麵漿食品的含油量較高, 增加食品的熱量。

裹麵漿食品依裹漿種類和產品型式可區分為兩類<sup>(2)</sup>, 一類為原料肉在裹麵漿後, 再灑上一層麵包屑, 增加食品表面的粗糙和脆度, 此常見的產品如炸蝦、市售雞排等; 另一類是裹麵漿內添加化學膨發劑, 但不再灑上麵包粉, 通常這種裹漿食品需預油炸, 使其麵皮加熱成

\* Corresponding author. E-mail: hhchen@niu.edu.tw

型，製成冷凍食品，常見的產品如冷凍雞塊，這類產品在油炸時因膨發劑放出二氧化碳及水分蒸發，使麵皮產品表面具有許多細小的孔洞<sup>(3)</sup>。

裹麵漿配方主要是以麵粉和玉米粉為主，米粉和澱粉約各佔5%左右，及少量的蛋白質、膨發劑、膠和香料等物質<sup>(4)</sup>，各原料的成分和用量會直接影響麵漿的流變性質和裹麵漿食品的外觀、脆度和裹麵率等特性<sup>(5)</sup>。例如裹麵漿中添加預糊化澱粉會增加裹麵率及保水能力<sup>(6)</sup>，裹麵漿中添加膠類可以控制麵漿的黏度、增加裹麵率、改善口感、提升乳化效果和降低食品的吸油量<sup>(7)</sup>。

油炸過程中高溫可提供快速熱對流的熱能轉換，縮短加熱時間，且油炸過程中食品內部以熱傳導使溫度升高，造成食品時表層的水分蒸發而遺留孔隙，油脂會利用此孔隙，進入食品而取代蒸發的水蒸氣<sup>(8)</sup>，且油脂也會吸附進入被加熱食品的表層而增加吸油量<sup>(9)</sup>，因此，油炸過程同時兼具熱傳和質傳兩種機制<sup>(10)</sup>。

為了健康的訴求，發展降低吸油量的油炸技術是食品界重要的研究課題。影響油炸產品吸油量之因素包括油炸油的品質、油炸產品的組成分及形狀、油炸過程及冷卻過程<sup>(11)</sup>。重複使用油炸油會提高吸油量<sup>(12)</sup>，故需經常更新油炸油；若食品的表面積較大或愈粗糙，會因油脂吸附而增加吸油量<sup>(13)</sup>；且食品的固形物含量愈高，油炸時水分蒸發量較少，則吸油量愈低<sup>(8)</sup>；吸油量也會隨著油炸時間增長而增加，提高油炸溫度可縮短油炸時間而降低吸油量<sup>(14)</sup>；且當食品的水分含量較高時，以高溫油炸比低溫油炸可得到較低吸油量，當食品水分含量低時，則油炸油溫度高低並無顯著影響<sup>(8)</sup>。另外食品表面的裹麵漿若添加膠體物質，可於油炸時在食品表面形成薄膜以減少油脂吸附和增加保水性<sup>(15-17)</sup>。Hydroxylpropylmethylcellulose (HPMC)是纖維素經丙基甲基化的衍生物，目前在食品工業上多應用在控制加熱或低溫貯存時食品中的水分移動，或利用熱凝膠的特性提供高溫蒸煮或油炸時食品外觀不變形、阻隔油脂進入食品及防止水分流出等效果<sup>(17)</sup>。

當油炸食品離開油炸油冷卻時，表面所吸附的油量約佔全體吸油量的64%，此乃油脂及氣體在空隙中的毛細管壓力差異及張力而造成麵皮吸油量的增加<sup>(18,19)</sup>。因此，本研究將探討裹麵漿配方和不同油炸前處理形成麵皮的製程對裹麵皮含油量和品質之影響，以建立低油裹麵漿冷凍調理食品的製程。

## 材料與方法

### 一、材料

玉米粉、玉米澱粉(含30%高直鏈澱粉)、碳酸氫鈉、低筋麵粉購自日正食品工業股份有限公司，HPMC(喜樂可膠粉，Celacol CC-001, Courtaulds Chemicals Co., Derby, UK)，購自統園企業股份有限公司。鯖魚購自家寶冷凍食品公司，去骨刺取精白肉製備魚塊。

### 二、設備

微波油炸機(金瑛發工業股份有限公司)規格為397×397×360 mm，功率為油炸2400 W和微波2500 W，油容量16 L。變頻微波爐(Panasonic NN-J993)容量為30 L，具蒸氣和對流烘烤功能，可調式微波輸出功率最大為1000 W，電熱烘燒功率為1350 W。動態流變儀，(AR550-Rheometer, TA Instruments, New Castle, Delaware, USA)，測定麵漿之流變性質。色差儀，(Hunter Lab, Color Flex, USA)，測定預處理的麵皮及最終油炸後之麵皮的色度。食品組織分析儀(TA-XT2 Texture Analyzer, stable micro system, England)，測定經最終油炸後麵皮之剪切力與變形量。

### 三、前處理及油炸魚塊製備

由於添加2%的HPMC使得麵漿過於濃稠，裹麵率過高，而添加0.5% HPMC則無法呈現降低油脂的效果(未列數據)，故選擇HPMC添加量為1%。裹麵漿配方因此設定為：裹粉原料為低筋麵粉和玉米粉各50%，外加1%食鹽、1%碳酸氫鈉和1% HPMC(對照組不添加HPMC)，粉：水比例為1：0.85，混合均勻後即成裹麵漿。將鯖魚塊浸入麵漿10秒後取出，讓多餘的麵漿滴30秒後進行不同的前處理，其中對照組進行180℃油溫預油炸30秒(NGPF 30 s)，含1% HPMC裹麵漿者，分別以180℃油溫預油炸30秒(PF 30 s)、700 W微波加熱30秒(MW 30 s)、700 W微波蒸氣加熱30秒(MWS 30 s)、100℃熱水加熱30秒再進行700 W微波加熱30秒(HW 30 s + MW 30 s)及蒸氣加熱60秒(S 60 s)。冷卻後置入-18℃冷凍備用，冷凍半成品以180℃油炸三分鐘製成油炸裹麵漿魚塊食品。

### 四、分析項目

## 1. 裹麵率

參考Sanz等人<sup>(20)</sup>之方法，魚塊裹麵漿後立即進行前處理將麵漿固化，形成麵皮後魚塊增加的重量與裹麵皮魚塊總重的比值，以百分比表示，即為前處理的裹麵率。最終油炸魚塊的裹麵率為裹麵皮重量與最終油炸裹麵皮魚塊總重的比值，以百分比表示。

## 2. 水分含量

依AOAC<sup>(21)</sup>法，利用烘箱法測定水分：精秤3 g裹麵皮放入鋁盤中，置於105℃烘箱中烘乾至恆重，於乾燥器內冷卻至室溫後秤重紀錄並計算樣品水分含量。

## 3. 粗脂肪含量

依AOAC<sup>(21)</sup>法，精秤5 g已烘乾恆重之裹麵皮於圓筒濾紙中，溶劑選用正己烷，共沸迴流萃取60 min，再用烘箱加熱去除剩餘正己烷並換算樣品中粗脂肪含量。

## 4. 色澤變化

以色差儀測定預處理和最終油炸後之裹麵皮L\*、a\*、b\*值<sup>(22)</sup>，使用標準白板L\* = 92.93，a\* = -1.26，b\* = 1.17。樣品L\*代表亮度由黑(0)-白(100)，a\*代表紅(+)-綠(-)，b\*代表黃(+)-藍(-)。

## 5. 剪切力與變形量

裹麵皮切成1 cm寬，使用食品組織分析儀及10號刀具探頭，載物台上升速度60 mm/min，壓差設定50 g，記錄切斷瞬間剪切力和變形量。

## 6. 流變性質

選擇60 mm 2°角錐板，利用stress sweep確認黏彈範圍，並進行strain, frequency, time, temperature sweep，以決定合適操作條件。取適當的樣品量，蓋上防氣逸護罩(cover split)防止水分蒸發，以電子式控溫配合冷媒浴槽增加溫控準確度，以2℃/min進行溫度掃描，記錄儲存模值(G')、損失模值(G'')、損耗正切值(tanδ = G''/G')及複數黏度(complex viscosity, η\*)，每樣品重複二至三次，取再現性數據判讀分析。

## 五、統計分析

試驗數據使用Statistical Package for Social Science (SPSS, SPSS INC. 宏德國際軟體諮詢顧問股份有限公司) 14.0版統計套裝軟體進行統計分析，以多元全距檢定分析(Duncan's Multiple Range Test)，以顯著水準為α = 0.05比較其差異之顯著性。

## 結果與討論

### 一、裹麵漿配方之流變性質

由於裹麵漿的配方與粉水比和溫度會影響裹麵漿之流變性質，進而影響裹麵率，因此將麵漿在20℃-90℃測量其流變性質。發現不論裹麵漿中是否添加1% HPMC，二者的G'及G''皆隨著溫度變化的增加而逐漸上升(圖一)，呈現出黏彈性性質，且G'僅稍微大於G''，顯示麵漿在加熱後成為一軟性膠體性質<sup>(7, 23, 24)</sup>。添加1% HPMC麵漿的tanδ值，較於未添加者為小，顯示具較高的凝膠能力，因此呈現較高的η\*。由於裹麵率主要受裹麵漿之黏度影響<sup>(6, 25, 26)</sup>，而麵漿黏度又和粉料的成分、粒徑大小、粉水比和溫度有關<sup>(27)</sup>，因此添加HPMC造成較高的η\*可能會影響魚塊的裹麵率。

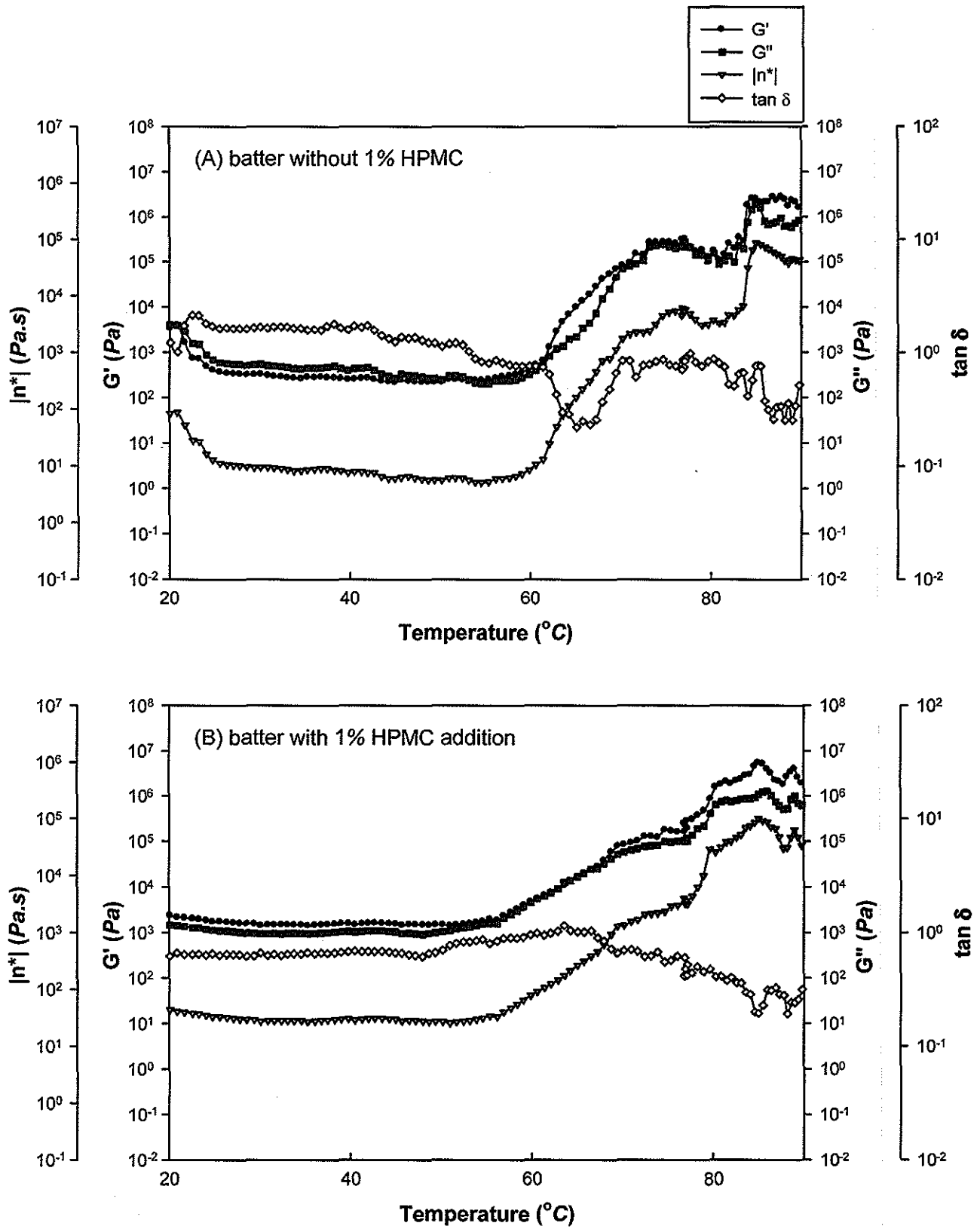
### 二、前處理和最終油炸魚塊的裹麵率

經前處理及最終油炸產品之裹麵率皆介於33%至39%之間(圖二)，由於預油炸180℃ 30 s的時間很短，故麵漿中有無含HPMC的兩種配方之裹麵率並無顯著差異，但由於最終油炸是在180℃下加熱3 min，油炸的時間增長，最終油炸產品之裹麵率都以含HPMC者為大。此乃因HPMC膠體能夠在魚塊表面形成一隔水層(water barrier)，增加保水力進而顯著提升裹麵率<sup>(7, 28-30)</sup>。由圖二亦發現前處理製程中，利用熱水和微波加熱、微波蒸氣加熱和蒸氣加熱者，顯著較以180℃高溫預油炸處理為高，此乃由於前者加熱環境中有大量水蒸氣使麵漿水分蒸發較少，而高溫油炸會使裹麵皮中有較多水分被蒸發所造成。

### 三、前處理和最終油炸魚塊裹麵皮的外觀

預油炸會造成裹麵皮的顏色較黃，和其他前處理呈現白色裹麵皮在外觀上有很大的差異(圖三)。含HPMC之裹麵皮外表較皺摺，推論是HPMC形成的隔水層佳，使得魚塊經180℃的高溫油炸時，魚塊受熱蒸發的水蒸氣無法充分逸散，在裹麵皮內部產生氣泡，使得含HPMC麵漿經預油炸形成的裹麵皮的外表較對照組不平整。

在含1% HPMC麵漿的最終油炸產品中，以微波蒸氣加熱及蒸氣加熱前處理之裹麵率較低，此可能由於利用蒸氣加熱會使得裹麵皮表

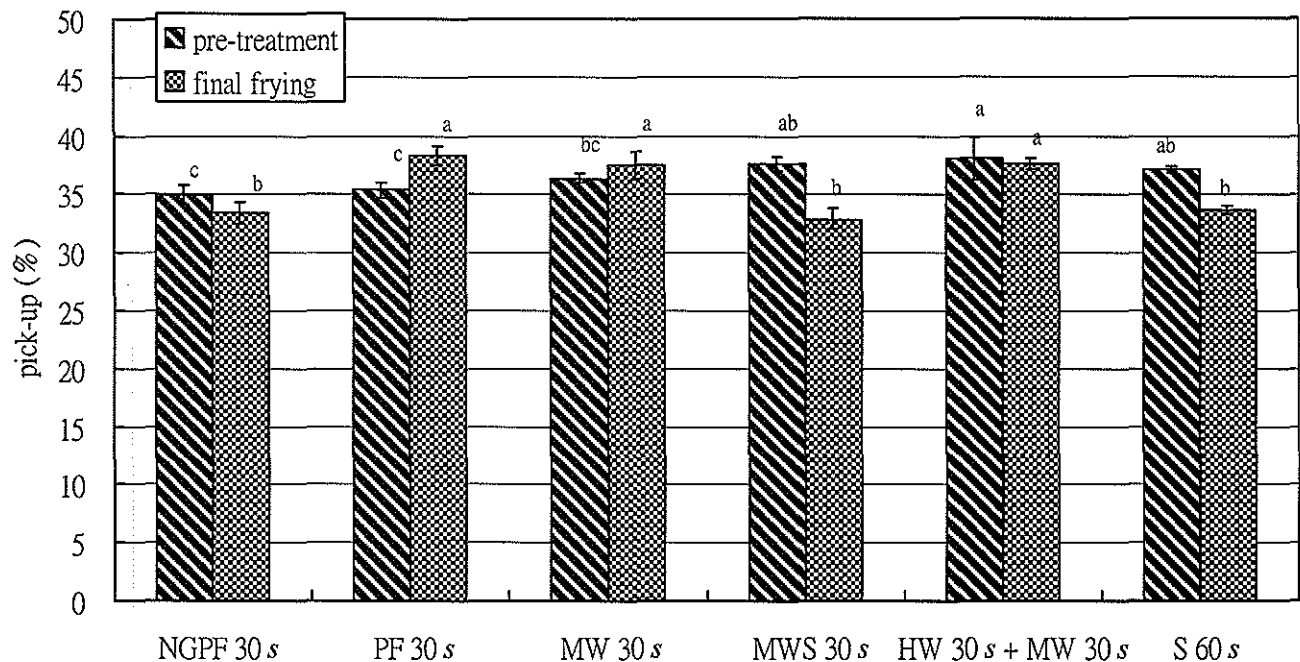


圖一 裹麵漿在升溫過程中之流變性質

Fig. 1. Rheological properties of batters under rising temperature conditions.







圖二 不同前處理及其最終油炸魚塊之裹麵率

Fig. 2. Pick-up values of fish nuggets by different pretreatments and final frying.

<sup>ac</sup> Mean in the same bar followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

NGPF 30 s: control (without HPMC addition) pre-frying 30 s, PF 30 s: pre-frying 30 s, MW 30 s: microwave 30 s,

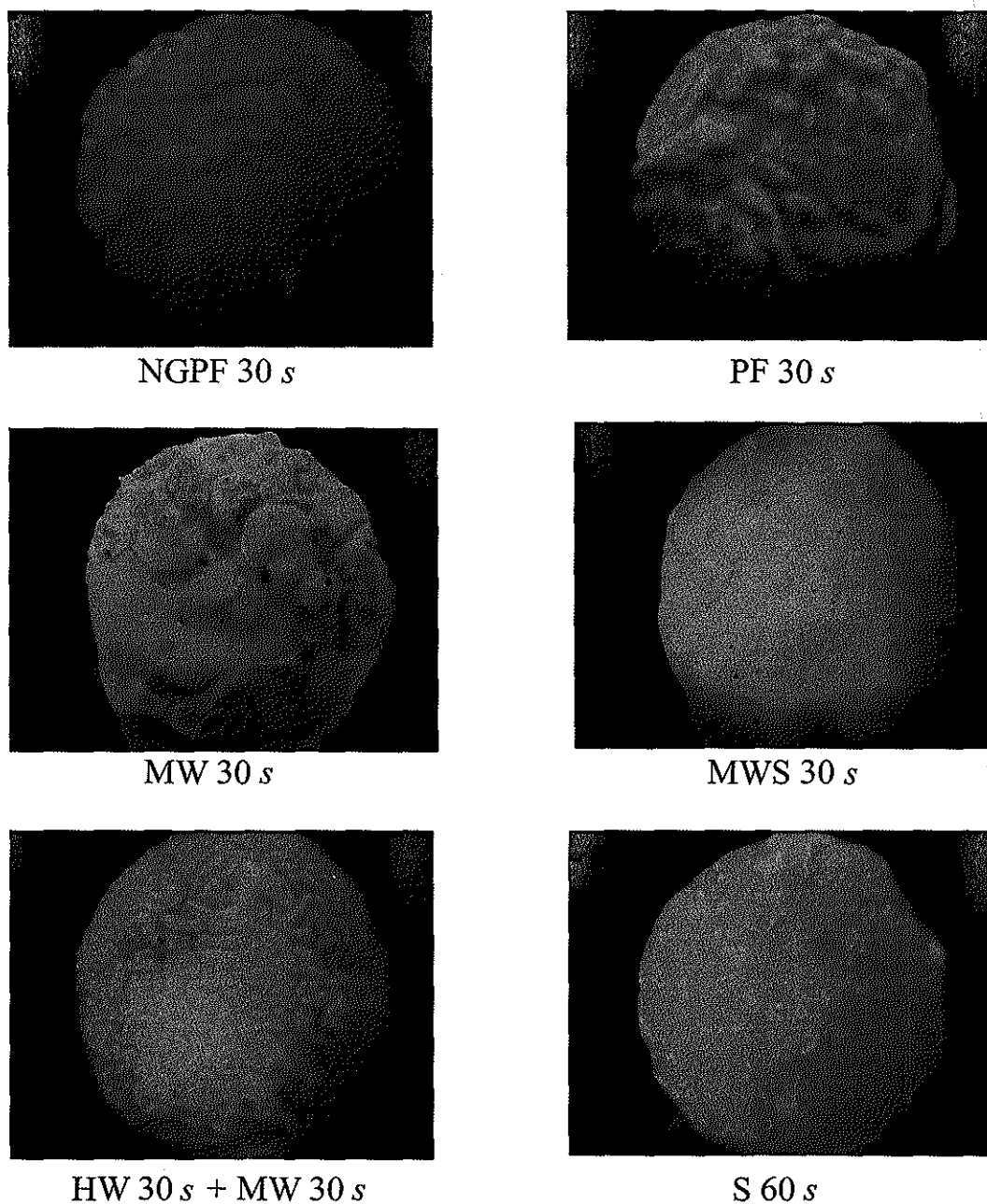
MWS 30 s: microwave steam 30 s, HW 30 s + MW 30 s: hot water 30 s following microwave 30 s, S 60 s: steam 60 s.

面較平滑(圖三和圖四),減少油脂吸附。而由圖三和圖四的照片亦可發現,利用微波加熱會造成魚塊裹麵皮表面產生很多孔洞,甚至因為微波加熱使魚塊內部水分快速蒸發,但因HPMC隔水層阻擋而形成氣泡,進而造成裹麵皮表面較不平整,增加油脂的吸附和內部魚塊的水分散失。利用熱水加熱後再行微波乾燥則會因為裹麵漿在沸水中加熱而產生很多小皺摺,即使利用微波加熱以使過多的表面水分蒸發,也產生很多小氣泡而使得裹麵皮表面不平滑呈現小皺摺(圖三),也會增加油脂的附著而增加裹麵率。整體而言,不同的前處理會影響裹麵皮的外觀和裹麵率。

冷凍調理魚塊的裹麵皮外觀顏色會直接影響消費者購買慾望,由圖三的照片已明顯呈現利用預油炸會使得外表呈現黃色,此和其他加熱前處理呈現的白色外表有明顯的不同。不過經過最終油炸後,所有魚塊的裹麵皮外表皆已呈現油炸食品的金黃色澤(圖四)。由圖五色差儀分析不同前處理的魚塊外表亦呈現180℃預油炸後麵皮明亮度( $L^*$ )在71.71-76.81間,以預油炸不含HPMC的裹麵皮較其他含HPMC者為低。此由於其他前處理加熱的溫度較低,約只有

100℃時,梅納反應較不嚴重,而同樣以預油炸的裹麵皮中,添加HPMC使麵漿流動性較低,降低熱傳速率,而未添加HPMC的裹麵漿,因為蛋白質及醣類較快受高熱易導致梅納反應而使裹麵皮呈現黃色<sup>(25)</sup>,也由於NGPF 30秒及PF 30秒二種預處理方式的裹麵皮 $L^*$ 低於、 $a^*$ 的負值大於、 $b^*$ 高於其他預處理者,顯示預油炸處理會使得裹麵皮的顏色較深。

由於最終油炸是將冷凍的調理魚塊經過180℃油炸3 min會使裹麵皮的外表呈現金黃色,大幅降低 $L^*$ 至55.64-67.42,且 $a^*$ 及 $b^*$ 皆較魚塊前處理後的樣品高(圖六)。未添加HPMC的對照組及先熱水後微波加熱者(HW 30 s + MW 30 s)的 $L^*$ 較低,原因為未添加HPMC的裹麵皮保水力較差,經過二次高溫180℃的油炸,使得裹麵皮中的水分較少而使得明亮度較低;而先熱水後微波加熱者,則因為在前處理已經過二次加熱,再經180℃油炸,也顯著降低裹麵皮的明亮度。微波加熱及微波蒸氣前處理的最終油炸產品 $b^*$ 較低,是因為在前處理後魚塊外觀呈現的顏色較白,因此造成最終油炸後 $b^*$ 亦較低(圖六)。



圖三 不同前處理裹麵皮之照片

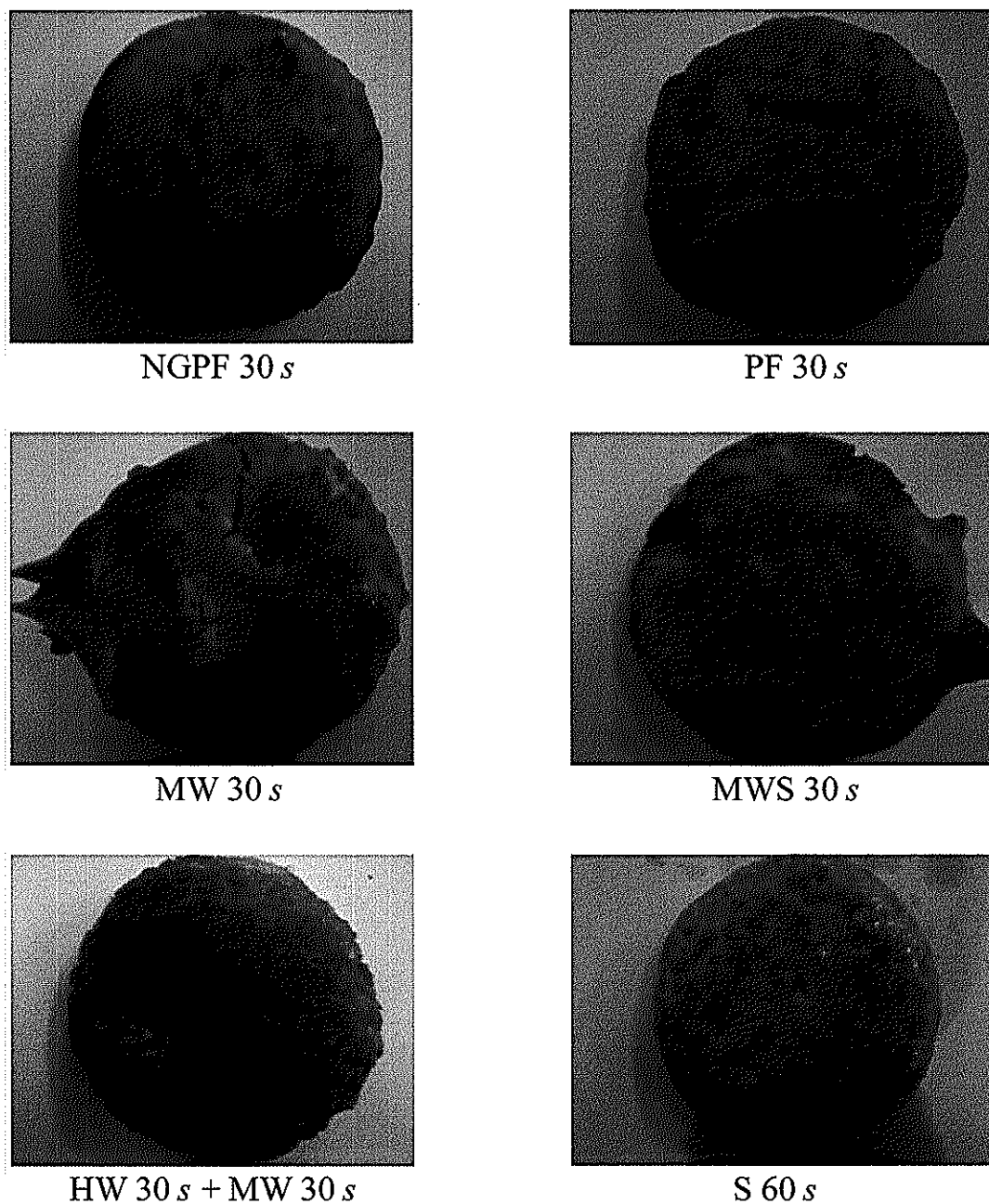
Fig. 3. Pictures of crusts by different pretreatments. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

#### 四、最終油炸魚塊裹麵皮的水分含量和油脂含量

各種前處理的冷凍調理魚塊，經最終油炸後魚塊裹麵皮的水分含量在30.45%~40.30%之間(圖七)，同樣以預油炸前處理者，以麵漿中含HPMC之產品水分含量較高，也是因為高保水力的HPMC隔水層作用<sup>(30)</sup>，減緩魚肉的水分蒸發所造成。而添加HPMC的裹麵漿魚塊中，有使

用微波加熱前處理的三種預處理的最終油炸產品，其裹麵皮水分含量低於預油炸及蒸汽加熱者，推論是因為微波加熱的形式，麵漿中水分快速蒸發，使麵漿固化時留下孔洞(圖三)，也使得麵皮在油炸過程中的水分較易散失。

最終油炸各種前處理冷凍魚塊之裹麵皮的油脂含量在14.92~5.35%之間(圖七)，控制組之麵皮油脂含量高於有添加1% HPMC之麵皮油脂含量，此乃因HPMC凝膠除了隔水作用外，也可



圖四：不同前處理再經最終油炸之裹麵皮之照片

Fig. 4. Pictures of crusts by different pretreatments following final frying. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

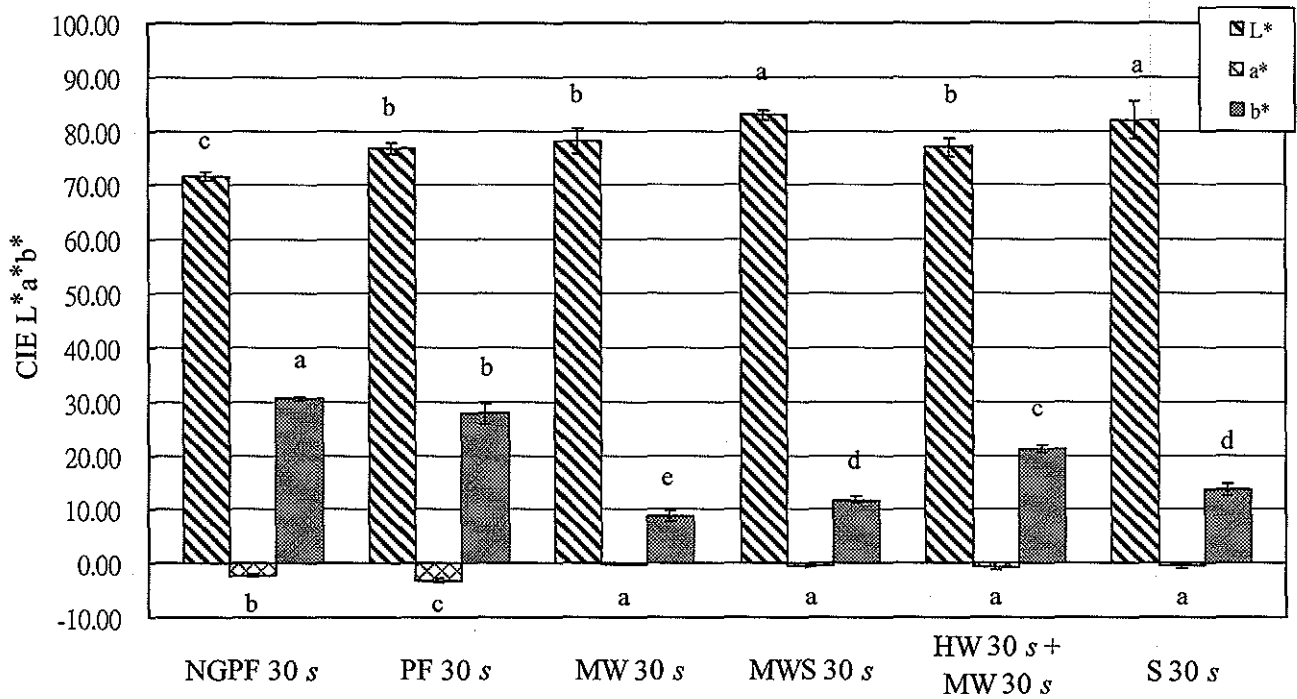
避免油脂滲入麵皮中，故可降低麵皮的油脂含量。添加HPMC的裹麵漿魚塊中，蒸氣加熱會使魚塊表面含HPMC的麵漿完全凝固且成光滑面，油炸時水分不易散失，也有效降低油脂的滲入及吸附<sup>(13)</sup>，而使得麵皮的油脂含量最低；使用微波加熱前處理的三種預處理的最終油炸產品，因微波處理時麵漿固化留下的孔洞導致油脂較易滲入，最終油炸產品油脂含量高於蒸汽加熱預處理者，亦即最終油炸的過程中，麵皮

中水分含量散失較多者，易使油脂取代而進入麵皮。整體而言，除麵漿的配方中HPMC的阻隔油脂效果外，不同的前處理加熱製程，也會影響魚塊表面的裹麵漿固化後的結構，進而影響最終油炸的裹麵皮水分含量和油脂含量。

##### 五、最終油炸魚塊裹麵皮的質地

在測量裹麵皮的質地試驗中，剪切力可視

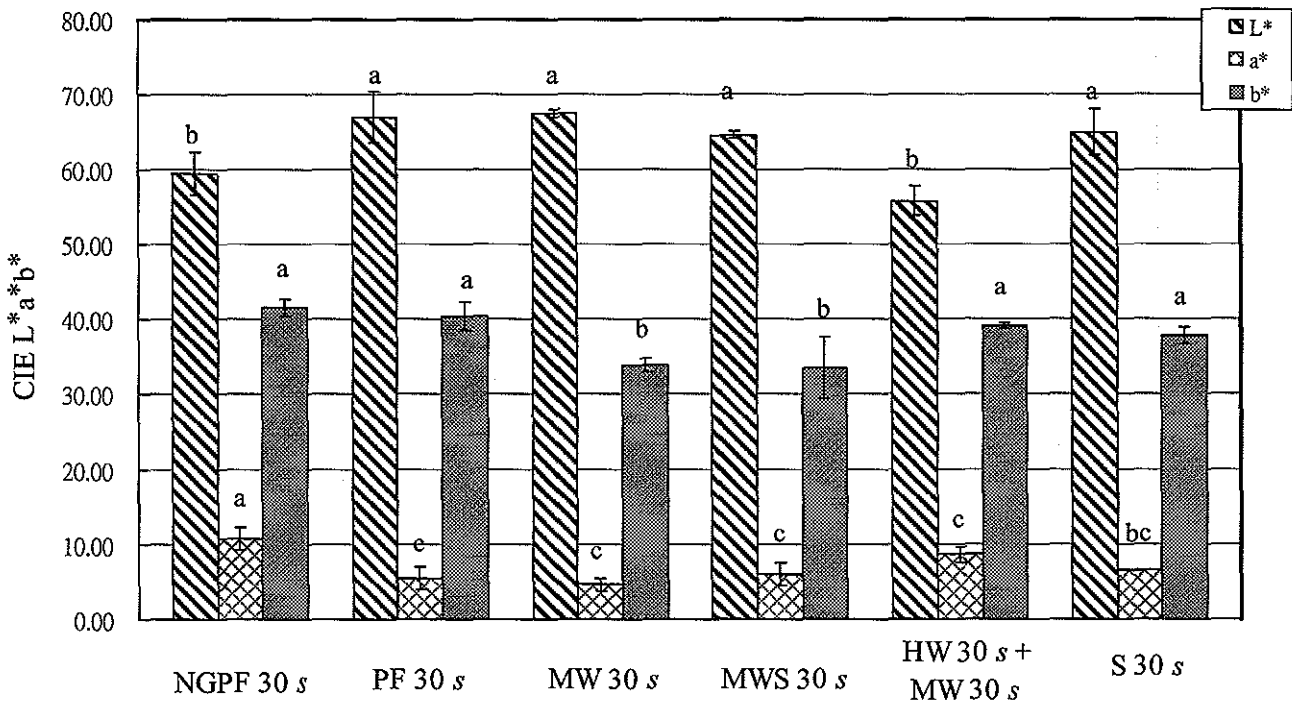




圖五 不同前處理對裹麵皮顏色之影響

Fig. 5. Effects of different pretreatments on colors of crusts. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

\*c Mean in the same bar followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

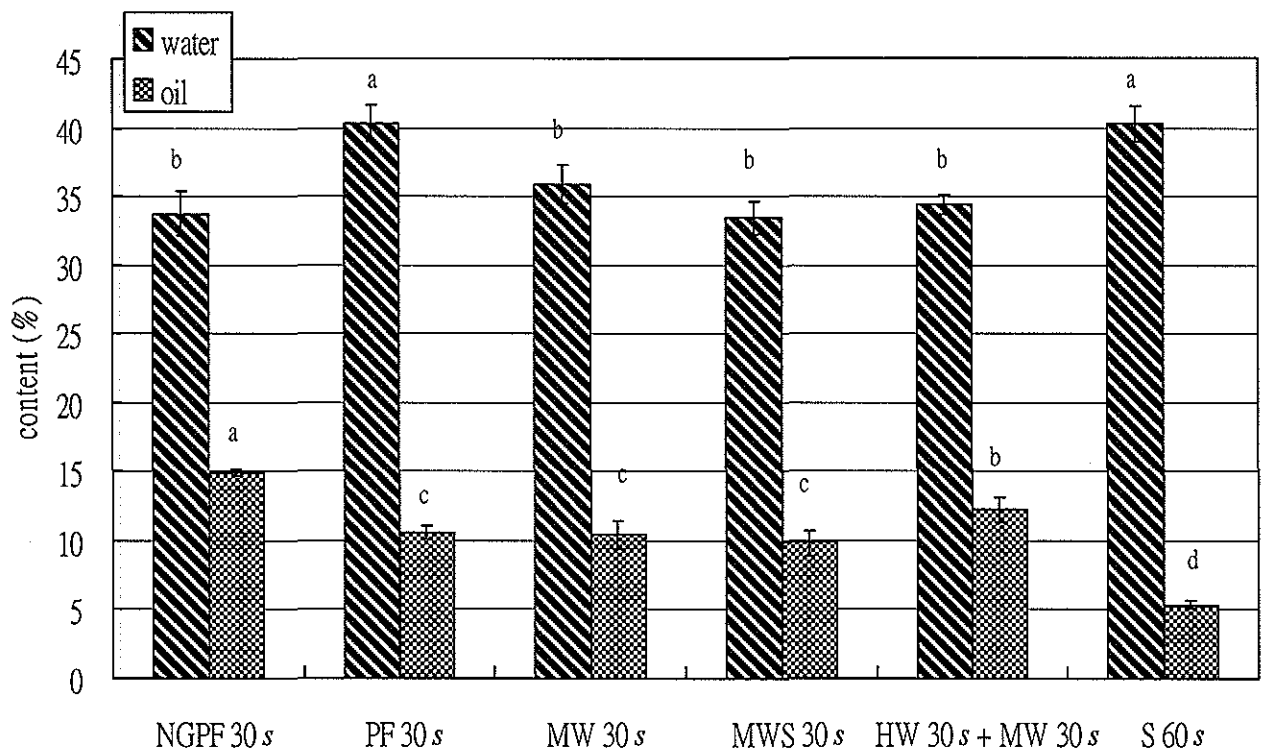


圖六 不同前處理半成品在最終油炸後裹麵皮之顏色

Fig. 6. Crust colors by different pretreatments following final frying. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

\*c Mean in the same bar followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

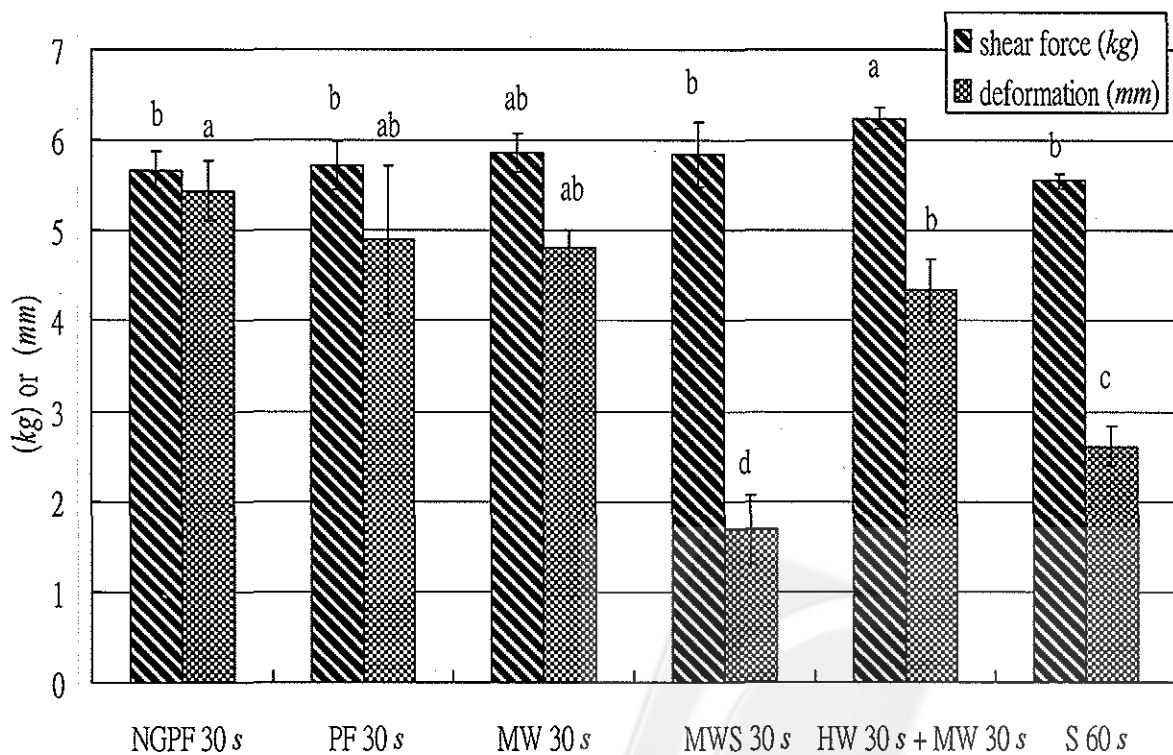




圖七 不同前處理半成品在最終油炸後裹麵皮的水分及油脂含量

Fig. 7. Water and oil contents in final crusts by different pretreatments following final frying. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

<sup>a-d</sup> Mean in the same bar followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).



圖八 不同前處理半成品在最終油炸後裹麵皮的剪切力及變形量

Fig. 8. Shear forces and deformations of final crusts by different pretreatments following final frying. The pretreatment codes are the same as in Fig. 2.

<sup>a-d</sup> Mean in the same bar followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

為將麵皮切斷所需要的力，數值愈大代表麵皮組織較硬，而變形量是物性儀探頭接觸到麵皮表面，至切斷麵皮的距離，數值越小代表麵皮越酥脆，而數值越大則代表麵皮的組織越有韌性。

針對所有180℃最終油炸的不同前處理之組織，以熱水再微波加熱者的麵皮較硬，且明顯高於其他處理；而控制組和其他添加HPMC的前處理經最終油炸後裹麵皮之剪切力並無顯著性差異(圖八)。主要是因為經過沸水加熱後，表面的麵漿已被部分糊化，再經過微波加熱，會使得裹麵皮四周的水分被蒸發，經油炸後麵皮較硬。在變形量方面，以控制組未添加HPMC的麵皮最大，表示此麵皮較有韌性，酥脆度低於添加HPMC的麵皮，且其中並以微波蒸氣加熱製程之麵皮較脆，可能因裹麵率較低，於油炸後之麵皮表面的水分容易被蒸發，導致油脂進入之後，使麵皮產生有酥脆的程度。

## 結 論

添加1% HPMC可以增加裹麵漿的黏度及油炸魚塊的裹麵率，也使得油炸後麵皮的保水性較高、油脂含量降低。前處理以預油炸者的顏色較具金黃色澤，其他前處理方式的最終油炸產品麵皮亦可呈現金黃色澤，顯示裹麵漿中含1% HPMC並不會造成最終油炸裹麵皮的顏色明顯差別。最終油炸後，麵漿添加HPMC的產品麵皮在剪切試驗試驗時變形量較低，其中以蒸氣加熱會使裹麵皮的表面較平滑，油脂含量最低。因此，添加HPMC並配合使用適合的固化前處理，可以降低裹麵漿產品的麵皮含油量並改善酥脆感。

## 誌 謝

本研究感謝農委會漁業署計畫96農科-3.1.1-漁-F1「國產水產品高附加價值加工應用技術-開發低嘌呤、低油及可快速復熱之重組魚排」經費支助得以完成，特此致謝。

## 參 考 文 獻

- (1) 陳存傑：食品的裹漿裹麵與裹膜。畜牧半月刊，59(1): 73-78 (1977)。
- (2) R. Loewe: Ingredient selection for batter systems. In: *Batter and Breadings in Food Processing* (K. Kulp and R. Loewe ed.), pp.11-28. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA (1990).
- (3) E. Llorca, I. Hernando, I. P. Munuera, A. Quiles, V. Larrea, S. M. Fiszman and M. A. Lluch: Microstructural study of frozen batter-coated squid rings prepared by an innovative process with a pre-frying step. *Food Hydrocoll.*, 19: 297-302 (2005).
- (4) S. M. Fiszman and A. Salvador: Recent developments in coating batters, *Trends Food Sci. Tech.*, 14: 399-407 (2003).
- (5) D. R. Suderman: Selecting flavorings and seasonings for batter and breading systems. *Cereal Food World*, 38: 689-694 (1993).
- (6) B. Altunakar, S. Sahin and G. Sumnu: Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets. *Eur. Food Res. Technol.*, 218: 318-322 (2004).
- (7) S. Sahin, G. Sumnu and B. Altunakar: Effect of batter containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *J. Sci. Food Agr.*, 85: 2375-2379 (2005).
- (8) M. H. Gamble and P. Rice: Effect of pre-drying of oil uptake and distribution in potato chip manufacture. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 22: 535-540 (1987).
- (9) H. G. Lamberger: Fat uptake in a potato drying/frying process. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 23: 295-300 (1990).
- (10) R. Yamsaengsung and R. G. Moreira: Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying. Part I: model development. *J. Food Eng.*, 53: 1-10 (2002).
- (11) I. S. Saguy and D. Dana: Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.*, 56: 143-152 (2003).
- (12) E. J. Pinthus and I. S. Saguy: Initial interfacial tension and oil uptake by deep-fat fried foods. *J. Food Sci.*, 59: 804-807 (1994).
- (13) M. Rubnov and I. S. Saguy: Fractal analysis and crust water diffusivity of a restructured potato product during deep-fat frying. *J. Food Sci.*, 62: 135-137 (1997).
- (14) E. J. Pinthus, P. Weinleg, and I. S. Saguy: Oil uptake in deep fat frying an affected by porosity. *J. Food Sci.*, 60: 767-796 (1995).
- (15) 彭昌洋、蘇素月：不同漿液對重組虱目魚排裹漿裹麵效果之影響。水產月刊，553: 19-28 (1999)。
- (16) E. F. Shih, K. W. Daigle and E. L. Clawson: Development of low oil-uptake donuts. *J. Food Sci.*, 66: 141-144 (2001).
- (17) C. L. Chen, P. Y. Li, W. H. Hu, M. H. Lan, M. J. Chen and H. H. Chen: Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC. *Food Hydrocoll.*, 22: 1337-1344 (2008).
- (18) R. G. Moreira, X. Sun and Y. Chen: Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *J. Food Eng.*, 31: 485-498 (1997).
- (19) R. G. Moreira and M. A. Barruft: A new approach to describe oil absorption in fried foods: a simulation study. *J. Food Eng.*, 35: 1-22 (1998).
- (20) T. Sanz, A. Salvador and S.M. Fiszman: Innovative method for preparing a frozen, battered food without a pre-frying step. *Food Hydrocoll.*, 18: 227-231 (2004).
- (21) AOAC: Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (14<sup>th</sup> ed) Arlington, VA: AOAC (1984).
- (22) 陳淑德、保愛貞、陳輝煌：微波油炸龍鬚菜鱈魚排之研

- 究。宜蘭大學生物資源學刊, 1: 51-61 (2004)。
- (23) A. Alloncle and J. L. Doublier: Viscoelastic properties of maize starch/hydrocolloid pastes and gels. *Food Hydrocoll.*, 5: 455-467 (1991).
- (24) F. E. Shih and K. Daigle: Oil uptake properties of fried batters from rice flour. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1611-1615 (1999).
- (25) S. F. Dogan, S. Sahin and G. Sumnu: Effect of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets. *Eur. Food Res. Technol.*, 220: 502-508 (2005).
- (26) S. F. Dogan, S. Sahin and G. Sumnu: Effect of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat chicken nuggets. *J. Food Eng.*, 71: 127-132 (2005).
- (27) J. Xue and M. Ngadi: Rheological properties of batter systems formulated using different flour combination. *J. Food Eng.*, 77: 334-341 (2006).
- (28) H. Y. Hsia, D. M. Smith and J. F. Steffe: Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids. *J. Food Sci.*, 57: 16-18 (1992).
- (29) N. Akdeniz, S. Sahin and G. Sumnu: Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *J. Food Eng.*, 75: 522-526 (2006).
- (30) H. H. Chen, H. Y. Kang and S. D. Chen: The effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods. *J. Food Eng.*, 88: 45-54 (2008).

