

麩醯基轉移酶對重組魚排組織之影響

趙毓謙¹ 陳淑德^{1*} 林榮信² 陳輝煌¹

1. 國立宜蘭大學食品科學系
2. 國立宜蘭大學動物科技學系

摘要

利用添加麩醯基轉移酶(TGase)的重組肉技術，以增加水產品之附加價值，故本研究之目的為添加不同濃度的麩醯基轉移酶於碎鱈魚肉塊，探討三個不同靜置溫度(4°C、25°C和50°C)和時間及食鹽濃度對重組魚排組織結構之硬度、彈性和內聚力、保水力和顏色的影響。結果顯示，添加2%食鹽和0.3% TGase，在4°C和25°C分別需靜置16小時和60分鐘，即可使內聚力達0.5以上，使重組魚排之間有良好的組織結構，而50°C僅需0.1% TGase靜置40分鐘即可。添加食鹽可顯著地增加魚排的保水力，添加食鹽會使魚排顏色的明亮度明顯地下降、紅色度明顯地上升，而黃色度則無顯著差異。

關鍵字：重組魚排，麩醯基轉移酶，組織，顏色，保水力

Effect of Transglutaminase on Texture of Restructured Fish Steaks

Yu-Chien Chao¹ Su-Der Chen^{1*} Rong-Shinn Lin² Hui-Huang Chen¹

1. Department of Food Science, National Ilan University
2. Department of Animal Science, National Ilan University

Abstract

Restructured fish steaks by adding transglutaminase (TGase) can improve the value of the fish by-products. The objective of this research was to study the effects of adding TGase and salt concentrations, and setting conditions on the texture such as hardness, springiness, cohesiveness, water capacity and color of restructured fish steaks. The results showed that by adding 2% salt concentration and 0.3% TGase at 4°C and 25°C required 16 hours and 60 minutes to reach cohesiveness of 0.5 or more, respectively. However, the restructured fish steaks with 0.1% TGase only required 40 minutes at 50°C to have the similar texture. The water holding capacities of restructured fish steaks with salt were higher than the control. Moreover, adding salt significantly affected the brightness and the redness of the restructured fish steaks, but there was no significant difference in yellowness of the restructured fish steaks.

Key words : restructured fish steak, transglutaminase, texture, color, water holding capacity

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

前言

鱈魚 (*Coryphaena hippurus*) 俗稱鬼頭刀，廣泛分布於各大海洋之熱帶及副熱帶區海域，為台灣各地海域產量相當大的魚類。主要棲息於海洋表層，喜群集於蔭影流木和浮藻處，捕食飛魚及沙丁類等魚類，有時亦跳出水面捕食。一般主要以冷凍魚片方式外銷歐美，再製成冷凍裹麵漿魚排，新鮮時可作生魚片食用，剩餘之碎肉，多半製成價錢較低的煉製品如魚丸、魚鬆或是火鍋料等。

行政院消費者保護委員會在 2004 年底曾定義重組肉為將大小顆粒、薄片、細條之肉品藉著滾打、添加接著劑或加工壓製成各種不同形狀的肉製品，故日常生活中重組肉產品，如常吃的漢堡肉、貢丸、魚丸、香腸和火腿等。在製造上，可利用反覆滾打或攪拌的方法使原料肉的鹽溶性蛋白溶出(Pietrasik and Li-Chan, 2002)，且藉所產生的黏性在肉塊間形成一蛋白質基質，能有效地將肉塊黏著在一起，以提高肉品組織的彈性和內聚力。通常會在此類產品製造過程中添加食鹽，一方面作為調味，更重要的是可以促進鹽溶性蛋白溶出。在均勻混合的過程中，碎肉表面積越大，愈能使此類蛋白質溶出，對肉塊間黏著效果也會相對地提升(Tellez-Luis *et al.*, 2002)。

除食鹽外，有許多的添加物，包括蛋白質類的酪蛋白鈉(Kuraishi *et al.*, 1997) 和乳清蛋白(Hongsprabhas and Barbut, 1999a, b)，親水性膠體如紅藻膠(Berry and Bigner, 1996)和褐藻膠等(Boles and Shand, 1998; Boles and Shand, 1999; 彭等, 1998; 黃和陳, 2005)，曾被使用於重組肉中，以增加重組肉結著強度和拉伸強度等機械性質。

麩醯基轉移酶(TGase)，廣存於魚貝類、植物、微生物和哺乳動物組織中。豚鼠肝臟是早期商用 TGase 唯一來源，因來源稀少及純化步驟複雜而導致價格昂貴。直到 1980 年學者提出，只要生物體中含有 ϵ -(γ -穀氨醯基)-離胺酸共價鍵結(GL bond)存在，TGase 亦同時存在。依上述理論陸續發現如鏈輪菌絲屬中部份菌株和鏈黴菌屬中皆可產生 TGase (Ando *et al.*, 1992)，且由微生物生產的麩醯基轉移酶(MTGase)，具有熱穩定性良好、pH 值範圍廣及對 Ca^{2+} 無依賴性等優點(Tellez-Luis *et al.*, 2002; 柯等, 2006)。日本味之素(Ajinomoto Co. Ltd)與天野製藥公司於 1989 年起研發以微生物發酵法進行工業化量產，隨後推出包括適用於水產品的 TG-K、肉製品的 TG-S 以及黏著食品的 TG-B 三種類型產品。

由於魚種和新鮮程度的差異，以及溫度、pH 等性質皆會影響 TGase 最適作用時間(Asagami *et al.*, 1995)。Jiang 等(2000)指出添加 0.2 unit MTGase/g，可增加魚漿凝膠後之破斷應力和變形量以及膠強度，皆高於未添加者。Jarmoluk and Pietrasik (2003)研究發現 MTGase 可增加豬血漿凝膠後的彈性和內聚力。TGase 之最適反應溫度會受到微生物來源的影響，如 Tsukamasa *et al.* (2002)

研究不同水產品之最適靜置溫度發現可為 30°C ~ 55°C。*Streptovercillium S-8112* 以及 *Sterptovercillium ladakanum* 之 TGase 最適反應溫度為 50°C(Ando *et al.*, 1989)，由 Walleye pollack 來源之 TGase，最適反應溫度為 50°C(Kumazawa *et al.*, 1996)。

故本研究添加食鹽和 TGase，探討不同靜置溫度(4°C、25°C和 50°C)和時間下，對重組魚排組織之影響，藉由製備含魚肉組織之重組魚排，以提升碎鱈魚肉塊的附加價值。

材料與方法

一、材料

鱈魚(*Coryphaena hippurus*)俗稱為鬼頭刀，碎魚肉塊購自宜蘭縣福國冷凍股份有限公司，為切割生魚片後收集冷凍，約 1kg 為單位分別以聚乙烯袋包裝。食鹽，購自臺鹽實業股份有限公司。三聚磷酸鈉(Sodium tripolyphosphate；日本試藥工業株式會社-試藥壹級)。麩醯基轉移酶(TG-K)，購自日本味之素公司(Ajinomoto Co. Ltd)。

二、魚排製備方法

鱈魚碎肉流水解凍後，混入相當於肉重 2%的食鹽和 0.2%三聚磷酸鈉，再加入相當於肉重(0.1%、0.3%、0.5%) TGase，以每個 30±1 g 裝於小鋁盤，再分別於 4°C、25°C和 50°C的溫度下，靜置 10 分鐘至 24 小時以製成重組魚排，並以未添加 TGase 者為對照組，分析魚排組織結構。然後再改變食鹽濃度，分別為 1%、2%和 3%，並添加 0.2%三聚磷酸鈉和 0.3% TGase，靜置於 25°C、60 分鐘，分析魚排組織結構。

三、分析項目

(一)魚排組織測定

食品組織物性測試儀(TA-XT2 Texture Analyzer, stable micro system, England)，負荷原重(load cell)為 25 kg。將魚排自鋁盤中取出，於 25°C室溫下，以直徑 35 mm 圓柱形鋁製探頭，探頭下降速率 60 mm/min，壓縮樣品高度之 50% 兩次，以測定其質地剖面分析(TPA)，則第一個波峰最高點代表重組魚排樣品之硬度(hardness)，第二個波峰最高點和第一個波峰最高點所需時間的比值可代表重組魚排樣品之彈性(springiness)，而第二個波峰壓縮面積和第一個波峰壓縮面積的比值即為重組魚排樣品之內聚力(cohesiveness)(Tellez-Luis *et al.*, 2002; Urstil *et al.*, 2004 a, b)，每組樣品試驗 6 重複。

(二)保水力(Hongsprabhas and Barbut, 1999b; Uresti *et al.*, 2004a)

將 5 g 之重組肉樣品置於兩層濾紙間(Whatman No. 1)，置於容量為 50mL 離心管中，於 4°C和 1500×g 條件下離心 5 分鐘，再依照下列公式計算保水力。

$$EW(\%) = \frac{W_f}{W_i} \times 100\%$$

W_i ：樣品初重(g)； W_f ：離心後樣品重(g)

(三)色澤變化(陳等, 2004)

使用色差儀(Hunter Lab, Color Flex, USA)測定重組魚肉之 L^* , a^* , b^* 值。標準白板 $L^*=92.93$, $a^*=-1.26$, $b^*=1.17$ 。 L^* 代表亮度由黑(0)~白(100), a^* 代表紅(+)-綠(-), b^* 代表黃(+)-藍(-), 每組樣品三重覆。

(四) pH 值

參照 Moiseev and Cornforth (1997)方法, 將 10 g 重組肉加入 90 mL 蒸餾水, 以均質機細碎, 過濾後測濾液之 pH 值。

四、統計分析

實驗結果三重覆, 並以平均值±標準偏差表示, 所得之數據使用 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, 並以 ANOVA 做變異數分析與多元全距檢定分析(Duncan's Multiple Range Test), 以顯著水準為 $\alpha=0.05$, 比較其差異之顯著性。

結果與討論

一、TGase 濃度和靜置條件對重組魚排內聚力之影響

靜置溫度為 4°C 時, 對照組和 0.1% TGase 添加量的重組魚排, 靜置時間 24hr 後, 內聚力僅在 0.4 左右(圖 1), 無法形成足夠的鍵結, 魚肉間接合效果不緊密易分散。推測其可能為所添加的 TGase 量過少, 無法完全催化自魚肉中溶解出的肌原纖維蛋白反應, 以共價鍵形成蛋白質交聯(Tellez-Luis *et al.*, 2002)。但當 TGase 添加量達 0.3% 時, 經過 16 小時的靜置時間, 即可使重組魚排內聚力達 0.5 以上之程度, 此因 TGase 催化魚肉蛋白質的一級胺與麩醯胺殘基(glutamine residue), 形成轉醯反應(acyl-transfer reaction), 使組織間形成穩定的 ϵ -(γ -麩醯胺基)-離胺酸共價鍵結(GL 鍵結)。而且增加 TGase 添加量至 0.5%, 則僅需 8hr 靜置, 可使重組魚排內聚力達 0.5, 隨著時間的增加, 重組魚排的內聚力可增加至 0.6 左右, 故其在反應時間或是組織聚合強度上, 皆優於其他添加量組和對照組。肉品之彈性及內聚力越高, 重組魚肉品質愈好, 其會受到如疏水鍵、氫鍵、雙硫鍵以及其他共價鍵之交互鍵結程度所影響(Nielsen *et al.*, 1995; 彭和潘, 2002; Jarmoluk and Pietrasik, 2003; Uresti *et al.*, 2004a, b; Ayo *et al.*, 2005; Beltran-Lugo *et al.*, 2005)。

在重組肉的靜置溫度為 25°C 時(圖 2), 對照組和 0.1% TGase 添加量組, 經靜置 150 分鐘後, 所形成的凝膠狀況與 4°C 時有相似的趨勢。顯示 0.1% TGase 添加量以下, 無法有效的製備重組魚排。而添加 0.3% TGase 經靜置 60 分鐘即可使魚排內聚力達 0.53, 與靜置 90、

120 和 150 分鐘者無明顯差異($p>0.05$)。而 0.5% TGase 添加量, 在靜置 90min 內, 與 0.3% TGase 無明顯差異。但靜置 120 分鐘後, 內聚力可增加至 0.6 左右。

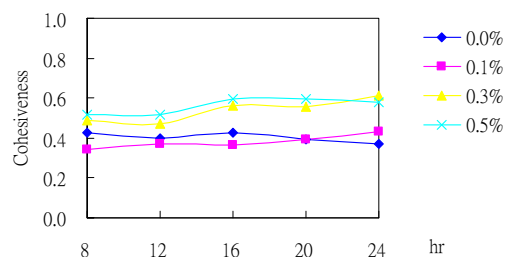


圖 1 TGase 添加濃度對 4°C 下靜置重組魚排內聚力的影響

Fig. 1 Effect of TGase concentration on cohesiveness of restructured fish steaks at 4°C.

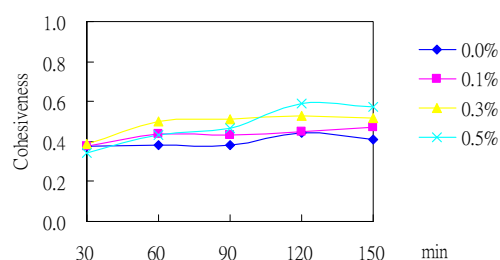


圖 2 TGase 添加濃度對 25°C 下靜置重組魚排內聚力的影響

Fig. 2 Effect of TGase concentration on cohesiveness of restructured fish steaks at 25°C.

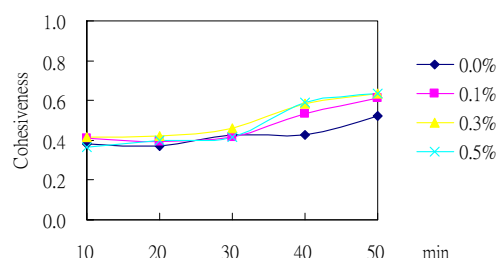


圖 3 TGase 添加濃度對 50°C 下靜置重組魚排內聚力的影響

Fig. 3 Effect of TGase concentration on cohesiveness of restructured fish steaks at 50°C.

在靜置溫度為 50°C 時(圖 3), 添加 TGase 者僅需 40 分鐘的靜置時間, 內聚力即可達 0.5 以上, 且 0.1~0.5% TGase 的添加量間無明顯差異, 此可能是因為升高溫度至 50°C 環境下, 即加速形成 ϵ -(γ -麩醯胺基)-離胺酸共價鍵結(GL bond) (Griffin *et al.*, 2002), 且溫度升高也易造成蛋白質的結構改變, 容易形成分子間疏水基交互作用和雙硫鍵(Lee and Lanier, 1995), 因而提高重組魚排之聚合強度, 故僅需添加 0.1% TGase 即可。Nielsen *et al.* (1995)在探討 37°C 溫度靜置 90 分鐘, 對添加 TGase 之重組豬肉品質影響的研究指出, 雖然結著能力高於 4°C

靜置者，但高溫可能導致細菌快速生長繁殖，進而使消費者有食物中毒的危險。

另一方面，肉品之 pH 值與保水性和結著性有關，亦可用來當作鮮度之指標(林, 1985)。本研究之鱈魚碎肉，經解凍後測得 pH 值 6.40 ± 0.21 ，添加食鹽、磷酸鹽和 TGase 後，魚肉之 pH 值稍降為 6.25 ± 0.13 ，在 25°C 靜置 60 分鐘後，pH 值則為 6.22 ± 0.33 ，魚排重組前後 pH 值並無明顯差異，且在 TGase 最適反應 pH 值在 5~8 之間；此和 Tsao 等(2002)及 Pietrasik and Li-Chan (2002) 研究低鹽重組豬肉製備時，其 pH 值亦無明顯差異($p > 0.05$)的結果相似。

二、TGase 濃度對重組魚排組織結構之影響

流水解凍之鱈魚碎肉，添加 2%食鹽、0.2%磷酸鹽後，分別混入 0%、0.1%、0.3%、0.5% TGase，並分別於 4°C 靜置 16 小時、25°C 靜置 60 分鐘和 50°C 靜置 40 分鐘。比較 TGase 濃度、靜置溫度和時間，對重組魚排硬度、彈性和內聚力的影響。

4°C 靜置 16 小時條件下，魚排硬度隨著 TGase 濃度增加而有上升的趨勢(表 1)。未添加 TGase 之對照組，內聚力明顯地較添加者低($p < 0.05$)，彈性和內聚力以 0.3%和 0.5%添加量，明顯優於 0.1% TGase 和對照組($p < 0.05$)。此是因為 0.3%以上 TGase 的添加，可增加魚肉凝膠結構，與 Asagami *et al.* (1995)研究不同魚種凝膠程度，會隨著 TGase 含量增加而提高的結果相似。

相對於對照組，25°C 靜置 60 分鐘條件下(表 1)，添加 TGase 對硬度及彈性並無明顯的差異($p > 0.05$)。而添加 0.3% TGase 之內聚力達 0.53，明顯地高於對照組($p < 0.05$)，可能是 TGase 的添加，催化了羧基反應以形成 ϵ -(γ -羧基)-離胺酸共價鍵結(GL 鍵結)所致(Tseng *et al.*, 2000; Griffin *et al.*, 2002)。相較於 4°C 和 25°C，50°C

靜置 40 分鐘條件下，添加 0.1%和 0.3% TGase 時，硬度有升高的趨勢(表 1)。可能是因為 50°C 環境下，由於蛋白質結構發生改變，使疏水性基團曝露，進而容易形成分子間疏水基交互作用，此和凝膠之硬度有正相關(Wicker *et al.*, 1986)。謝(2004)以 50°C 加熱處理吳郭魚魚漿，亦有類似結果。而 Tsao *et al.* (2002)指出 30~40°C 之靜置溫度，會增加重組豬肉棒拉伸強度，但當溫度提高至 50°C 時，由於豬肉中鹼性蛋白酶和細胞自溶酶的釋放，反而使結著強度下降。

三、食鹽濃度對重組魚排品質之影響

以 0.3% TGase 添加量配合 25°C 靜置 60 分鐘，探討 1%、2%和 3%食鹽，以及 0.2%磷酸鹽對重組魚排之影響。如表 2 所示，重組魚排的硬度並不會隨著食鹽濃度的增加而有明顯的變化，但添加 2%和 3%食鹽能夠明顯的提升重組魚排彈性和內聚力($p < 0.05$)，因增加食鹽可使肉品溶出較多的鹽溶性蛋白，有助於形成 ϵ -(γ -羧基)-離胺酸共價鍵結，以增加重組肉之內聚力。此結果和 Kuraishi *et al.* (1997)的重組豬肉塊、Tseng *et al.* (2000)的重組絞碎里肌肉、Tsao *et al.* (2002)的重組豬肉棒以及柯等(2006)的吳郭魚凝膠之研究結果相似。

Hongsprabhas and Barbut (1999a)指出影響凝膠性質的因素，包括 pH 值、離子強度、蛋白質萃取量、結締組織含量以及加熱條件等。且添加 1%食鹽、0.2%三聚磷酸鹽和 TGase 之加乘作用，可增加鹽溶性蛋白的萃取，使絞碎里肌肉結著強度提高(Tseng *et al.*, 2000)。然而添加 3%食鹽會造成重組肉之內聚力下降，此可能是因為所溶出的鹽溶性蛋白，經 TGase 催化，局部產生過多 ϵ -(γ -羧基)-離胺酸共價鍵結(GL 鍵結)，而抑制整體蛋白質網狀結構的發展(朱, 1998)。

表 1 溫度和 TGase 濃度對重組魚排質地剖面分析的影響

Table 1 Effect of temperature and TGase concentration on texture profile analysis (TPA) of restructured fish steaks

Temperature	TGase (%)	Hardness (kg)	Springiness	Cohesiveness
4°C 16hr	0	2.22±0.15 ^c	0.76±0.05 ^{bc}	0.43±0.03 ^b
	0.1	1.91±0.13 ^c	0.86±0.02 ^{ab}	0.37±0.05 ^b
	0.3	3.11±0.21 ^b	0.97±0.04 ^a	0.56±0.05 ^a
	0.5	4.00±0.45 ^a	0.88±0.10 ^{ab}	0.60±0.02 ^a
25°C 60min	0	1.74±0.26 ^c	0.67±0.15 ^c	0.38±0.10 ^b
	0.1	1.63±0.08 ^c	0.78±0.12 ^{bc}	0.44±0.11 ^b
	0.3	1.86±0.29 ^c	0.85±0.02 ^{ab}	0.53±0.01 ^a
50°C 40min	0	2.03±0.29 ^c	0.75±0.10 ^{bc}	0.43±0.03 ^b
	0.1	3.85±0.99 ^a	0.87±0.08 ^{ab}	0.53±0.06 ^a
	0.3	3.78±0.62 ^a	0.78±0.05 ^{bc}	0.58±0.08 ^a
	0.5	3.07±0.35 ^b	0.82±0.05 ^b	0.59±0.02 ^a

^{a-c} Means in the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

表 2 食鹽添加量對魚排質地剖面分析之影響

Table 2 Effect of salt concentration on texture profile analysis (TPA) of restructured fish steaks

Salt (%)	Hardness (kg)	Springiness	Cohesiveness
1	1.73±0.03 ^a	0.68±0.03 ^b	0.38±0.01 ^c
2	1.86±0.29 ^a	0.85±0.02 ^a	0.53±0.01 ^a
3	1.86±0.04 ^a	0.80±0.05 ^a	0.47±0.05 ^b

^{a-c} Means in the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05)

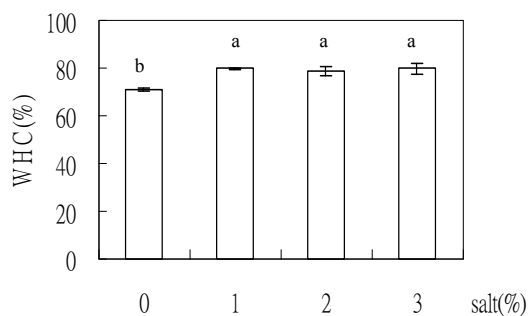


圖 4 食鹽添加濃度對重組魚排保水力的影響

Fig. 4 Effect of salt concentration on water holding capacity of restructured fish steaks. Values with different letters are significantly different (p < 0.05).

由圖 4 可知，食鹽的添加，可有效地使重組魚排的保水力明顯較未添加者提高(p<0.05)，但添加 1%、2%和 3%食鹽的重組魚排之間則無明顯差異，此可能是因為ε-(γ-麩胺醯基)-離胺酸共價鍵結(GL 鍵結)，使蛋白質網狀結構更加穩固，或是因為已有足夠之鹽溶性蛋白溶出，而使保水力間無差異。此結果與 Hongsprabhas and Barbut (1999 a, b)研究不同食鹽濃度對重組雞肉的保水力結果相似。Whiting (1988)指出高離子強度，所產生的靜電排斥(electrostatic repulsions)作用，使肌原纖維蛋白間產生更多的空間，而使保水力提高。

表 3 食鹽添加量對重組魚排顏色之影響

Table 3 Effect of salt concentration on color of restructured fish steaks

Salt (%)	L*	a*	b*
1	46.43±0.44 ^a	5.80±0.18 ^b	14.55±0.15 ^a
2	44.99±1.16 ^b	7.03±0.13 ^a	14.80±0.39 ^a
3	44.23±0.96 ^b	6.84±0.68 ^a	14.63±0.62 ^a

^{a-b} Means in the same column followed by different letters are significantly different (p<0.05)

顏色方面如表 3 所示，相對於添加 1%食鹽，添加 2%和 3%食鹽的魚排顏色在明亮度上明顯較低，顏色愈加趨於黯淡，且紅色度明顯高於 1% (p<0.05)，其可能與魚肉中肌紅蛋白(myoglobin)含量有關。Hongsprabhas and Barbut (1999a)指出雞肉肉漿顏色，會隨著食鹽濃度增加而趨於黯淡，而黃色度無明顯差異。但 Kilic (2003)指出添加 TGase 對製造 chicken doner kebab(土耳其料理，類似莎威瑪)，以及 Tseng *et al.* (2000)觀察 TGase 對低鹽重組雞肉肉色之 L*、a*和 b*值影響不大，推測與重組魚樣品種類及處理方式不同有關

結 論

碎鱈魚肉塊在相同食鹽濃度和 TGase 濃度下，低溫所需要的靜置時間會較長，4°C和 25°C分別需靜置 16 小時和 60 分鐘，內聚力可達 0.5 以上，而 50°C僅需 0.1% TGase 靜置 40 分鐘即可。考量 TGase 使用成本和時間等因素，添加 2%食鹽、0.2%三聚磷酸鈉和 0.3% TGase，於 25°C靜置 60 分鐘為製備重組魚排之建議條件。

謝 誌

本研究承蒙宜蘭縣福國冷凍股份有限公司補助研究經費及提供碎鱈魚肉塊原料，謹致謝忱。

參考文獻

朱文深。1998。微生物轉穀氨醯胺酶之開發與應用。食品工業 30(4): 30-39。
林慶文。1985。肉品加工學。華香園出版社。台北市。台灣。
柯文慶、謝泓鈞、謝昌衛。2006。添加轉麩胺醯胺酶對吳郭魚凝膠作用之影響。台灣農業化學與食品科學 44(1): 15-23。

陳淑德、保愛貞、陳輝煌。2004。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。
黃加成、陳文賢。2005。褐藻酸鹽/鈣結著劑含量對重組雞排品質性狀之影響。台灣農業化學與食品科學 43(6): 387-393。
彭昌洋、潘慧婉。2002。重組鮭魚排之物性及凍藏中品質之變化。水產研究 10(1&2): 71-77。
彭昌洋、蘇素月、潘慧婉。1998。冷凍魚漿、添加物、成型方式及原料漁獲法對重組鱈魚排接受性之影

- 響。水產研究 6(1): 79-85。
- 謝泓鈞。2004。加熱及加壓處理對 transglutaminase (MTGase)在吳郭魚魚漿中凝膠作用之影響。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。台中市。台灣。
- Ando, H., M. Adachi, K. Umeda, A. Matsuura, M. Nonaka, R. Uchio, H. Tanaka, and Motoki. 1989. Purification and characteristic of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agric. Biol. Chem.* 53: 2613-2617.
- Asagami, T., M. Ogiwara, A. Wakameda, and S. F. Noguchi. 1995. Effect of microbial transglutaminase on the quality of frozen surimi made from various kinds of fish species. *Fisheries Sci.* 61(2): 267-272.
- Ayo, J., J. Carballo, M. T. Solas, and F. Jimenez-Colmenero. 2005. High pressure processing of meat batter with added walnuts. *International J. Food Sci. and Tech.* 40: 47-54.
- Beltran-Lugo, A. I., A. N. Maeda-Martinez, R. Pacheco-Aguilar, H. G. Nolasco-Soria, and V. M. Ocano-Higuera. 2005. Physical, textural, and microstructural properties of restructured adductor muscles of 2 scallop species using 2 cold-binding systems. *J. Food Sci.* 70(2): 78-84.
- Berry, B. W. and M. E. Bigner. 1996. Use of carrageenan and konjac flour gel in low-fat restructured pork nuggets. *Food Res. Int.* 29(3-4): 355-362.
- Boles, J. A., and P. J. Shand. 1998. Effect of comminution method and row binder system in restructured beef. *Meat Sci.* 49(3): 297-307.
- Boles, J. A., and P. J. Shand. 1999. Effect of raw binder system, meat cut and prior freezing on restructured beef. *Meat Sci.* 53: 233-239.
- Griffin, M., R. Casadio, and C. M. Bergamini. 2002. Transglutaminases: Nature's biological glues. *J. Bio. Chem.* 368:377-396.
- Hongsprabhas, P. and S. Barbut. 1999a. Use of cold-set whey protein gelation to improve meat batters. *Poultry Sci.* 78: 1074-1078.
- Hongsprabhas, P. and S. Barbut. 1999b. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. *Food Res. Int.* 32: 145-149.
- Jarmoluk, A. and Z. Pietrasik. 2003. Response surface methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and κ -carrageenan on pork batter gel properties. *J. Food Eng.* 60: 327-334.
- Jiang, S. T., J. F. Hsieh, M. L. Ho, and Y. C. Chung. 2000. Microbial transglutaminase affects gel properties of golden threadfin-bream and pollack surimi. *J. Food Sci.* 65(4):694-699.
- Kilic, B. 2003. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken doner kebab. *Meat Sci.* 63: 417-421.
- Kumazawa, Y., K. Nakanishi, H. Yasueda, and M. Motoki. 1996. Purification and characterization of transglutaminase from walleye pollack liver. *Fisheries Sci.* 62: 959-964.
- Kuraishi, C., J. Sakamoto, K. Yamazaki, Y. Susa, C. Kuhara, and T. Soeda. 1997. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *J. Food Sci.* 62(3): 488-490.
- Lee, H.G. and T. C. Lanier. 1995. The role of covalent cross-linking in the texturizing of muscle protein sols. *J. Muscle Foods* 6(2): 125-138.
- Moiseev, I. V. and D. P. Cornforth. 1997. Sodium hydroxide and sodium tripolyphosphate effects on bind strength and sensory characteristics of restructured beef rolls. *Meat Sci.* 45(1):53-60.
- Nielsen, G. S., B. R. Petersen, and A. J. Moller. 1995. Impact of salt, phosphate and temperature on the effect of a transglutaminase (F XIIIa) on the texture of restructured meat. *Meat Sci.* 41(3): 293-299.
- Pietrasik, Z. and E. C. Y. Li-Chan. 2002. Response surface methodology study on the effects of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Res. Int.* 35: 387-396.
- Tellez-Luis, S. J., R.M. Uresti, J.A. Ramirez, and M. Vazquez. 2002. Low-salt restructured fish products using microbial transglutaminase as binding agent. *J. Sci. Food Agric.* 82: 953-959.
- Tsao, C. Y., Y. C. Kao, J. F. Hsieh, and S. T. Jiang. 2002. Use of soy protein and microbial transglutaminase as a binder in low-sodium restructured meats. *J. Food Sci.* 67: 3502-3506.
- Tseng, T.F., D.C. Liu, and M.T. Chen. 2000. Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. *Meat Sci.* 55: 427-431.
- Tsakamasa, Y., Y. Miyake, M. Ando, and Y. Makinodan. 2002. Total activity of transglutaminase at various temperature in several fish meats. *Fish Sci.* 68: 929-933.
- Uresti, R. M., S. J. Tellez-Luis, J. A. Ramirez, and M. Vazquez. 2004a. Use of dairy proteins and microbial transglutaminase to obtain low-salt fish products from filleting waste from silver carp. *Food Chem.* 86: 257-262.
- Uresti, R. M., G. Velazquez, J. A. Ramirez, M. Vazquez, and J. A. Torres. 2004b. Effect of high-pressure temperature on mechanical and functional properties of restructured products from arrowtooth flounder

- (*Atheresthes stomias*). J. Sci. Food Agric. 84: 1741-1749.
- Whiting, R. C. 1988. Ingredients and processing factors that control muscle protein functionality. Food Tech. 42: 104-110.
- Wicker, L., T. C. Lanier, D.D. Hamann, and T. Akahane. 1986. Thermal transitions in myosin-ANS fluorescence and gel rigidity. J. Food Sci. 51(6): 1540-1543.

97年02月13投稿

97年08月18接受