

石斑魚邊角肉加工品之開發與品質評估

潘宜庭・王庭玫・高堂穎・蔡慧君*

農業部水產試驗所水產加工組

摘 要

國內養殖石斑魚多以活魚形式外銷，或以急速冷凍鮮魚、冷凍切片等未經調理狀態出售，加工製品種類有限，且石斑魚加工約產生 40 – 60% 的剩餘物未被妥善利用，為有效提升其利用率及附加價值，本研究以石斑魚邊角肉加值開發中度水活性之重組魚肉乾，並探討黏著劑配方、低溫膠化、烘烤條件對其品質的影響。研究結果顯示，添加天然膠組和酵素製劑組之黏著劑配方於低溫膠化 4 hr 後製成之重組魚肉具有較高的內聚性與彈性，且重組魚肉再經二段式烘烤製成的魚肉乾成品，其水分分別為 $15.63 \pm 1.55\%$ 與 $13.00 \pm 1.08\%$ ，水活性分別為 0.66 ± 0.01 與 0.71 ± 0.01 ，皆符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾之規定。官能品評的結果以酵素製劑組的重組魚肉乾之整體接受度最佳達 6.5 分，而儲藏試驗則顯示可於常溫流通至少 6 個月。另盤點市售相關產品及分析成本，評估石斑魚肉乾可提升 2 – 5 倍石斑魚邊角肉附加價值。

關鍵詞：石斑魚、邊角肉、重組魚肉乾、中度水活性食品

前 言

根據 2023 年漁業統計年報顯示，臺灣石斑魚之年產量為 18,327 公噸，年產值高達新臺幣 46.4 億元 (漁業署, 2024)，不僅是臺灣重要的海水養殖魚種，更為我國外銷主要魚種。販售型態多以活魚為主，次為冷凍品，如條凍、冷凍切片、切塊等未經調理產品，其加工製品種類不多，倘遇外銷障礙、出口受阻時，將因活魚大量滯銷，且未建立多元加工技術以調節水產品產銷失衡，導致產業遭受巨大衝擊與損失。此外，石斑魚加工所產生的剩餘物包含殘餘肉、魚頭、魚鱗、中骨及內臟，高達全魚之 43% (高, 2017)，大部分都作為飼料，附加價值低，有些則丟棄處理，造成環境汙染 (鍾, 2012)，亟待研發提高剩餘物附加價值的應用。

漁產品具有高水分且易腐敗等特性，開發加工品具一定的技術門檻，然至今以漁產品作為原

料並利用欄柵技術開發加工品已有許多相關研究，黃 (2013) 以大宗水產品，如秋刀魚、鯖魚、吳郭魚為原料，混合魚肉與魚漿製成重組魚排、鯖魚膨發餅及鯖魚蘇打餅等相關產品。黃 (2016) 以臺灣養殖金目鱸為原料，經濕式鹽漬再分以輕度乾燥、日曬乾燥、室溫乾燥或低溫低濕冷風乾燥處理製成一夜干，於乾燥期間水分含量由 73.6% 下降至 67.9 – 71.7%，而總生菌數皆低於 3×10^6 CFU/g 以下，感官品評結果則顯示，一夜干的整體喜好度以低溫低濕冷風乾燥 6 小時為最佳。綜合前人研究成果，研發水產品可結合如乾燥、鹽漬及煙燻等欄柵技術，製作可常溫流通之中濕性食品 (intermediate moisture foods, IMF)，使加工水產品多元化，提供消費者更多的選擇。又重組技術可利用價值較低的肉類加工邊角料來生產更高品質、成分均一且具增值性之產品 (Boles, 2011)。目前石斑魚開發常溫流通產品等相關技術研究闕如，本研究以石斑魚剩餘物應用重組加工技術，開發中度水活性食品，有效提升剩餘物利用率及產品附加價值，增加石斑魚加工品多樣性，提升本土水產品競爭力。

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-3792 ; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: hjchai@mail.tfrin.gov.tw

材料與方法

一、石斑魚邊角肉之來源與前處理

石斑魚邊角肉原料購自安永生物科技股份有限公司，冷凍運送至實驗室後置於-20℃保存備用，加工前先以流水解凍。

二、建立重組魚肉乾之加工製程

(一) 黏著劑配方探討與重組魚肉之製作

以絞肉機 (Test Rite brand Agency Co., Ltd, KitchenAid® Stand Mixer) 搭配孔眼 2 mm 大小之孔板，將邊角肉製作成絞肉，後續添加以不同比例的鹽類、天然膠、品質改良劑、酸鹼緩衝劑或酵素製劑所組成 a、b、c、d、e 共 5 種黏著劑配方，將其平鋪於不鏽鋼盤後分別試製厚度 3、5 mm 的薄、厚片重組魚肉，並置於 4℃ 進行低溫膠化。

(二) 烘烤條件

將重組魚肉切塊後分別以下列 2 種方式進行烘烤：1. 一段式烘烤：將重組魚肉直接以 150℃ 高溫進行烘烤；2. 二段式烘烤：將重組魚肉先於 40℃ 中溫熟成後，再以 150℃ 高溫烘烤。

三、品質分析

(一) 一般成分分析

依 AOAC (2016) 方法測定水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分及碳水化合物之含量。

(二) 水活性測定

將樣品以水活性測定儀 (Novus Ferro Pte Ltd, Novasina LabMaster-aw) 於 25℃ 下測定，每次試驗處理之測定為三重複，以平均值表示。

(三) 水分含量測定

使用紅外線水分分析儀 (Kett Electric Laboratory Co., Ltd, FD-610) 測定樣品水分含量，於溫度 105℃，水分蒸發速率 0.05% 以下，取 5 g 樣品乾燥至恆定，三重複取得平均值。

(四) 質地分析

以質構分析儀 (Stable Micro Systems Co., Ltd, TA-XT2) 於 25℃ 室溫下，使用直徑 25 mm 圓柱形探頭 (P25)，以測試速度 1 mm/sec、變形率 40%、觸發力 10 g，對樣品進行兩次壓縮，測定重組魚肉之內聚性與彈性；另使用刀片形探頭 (HDP-BSK)、測試速度 1 mm/sec、到平台的距離為 30 mm、觸發力 20 g 測定重組魚肉乾之剪切力。

(五) 官能品評

將本研究開發之肉乾切塊後，每人依產品外觀、色澤、風味、口感及整體接受度進行喜好性評分，並以 9 分制方式評分，以 9 分為最喜歡，1 分為最不喜歡。本研究以 14 位品評者進行官能品評。品評內容描述包括：1. 外觀：指視覺上對肉乾外表及整體形狀的感受；2. 色澤：指視覺上對肉乾顏色、光澤、均勻度等感受；3. 風味：指肉乾進入口腔後，在口腔內的味道，如鮮味、甜味、鹹味等以及 4. 口感：指肉乾進入口腔後，在口腔內的感受，如咀嚼、軟硬度等。

四、保存試驗

溫度效應係數 (Q_{10} effect) 的定義為溫度每增加 10℃，其化學或生化的反應速率增加的比率，其數值通常為 2，方程式如下所示：

$$Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{10/(T_2-T_1)} = 2$$

R 是速率、T 是攝氏溫度或絕對溫度。

本實驗將重組魚肉乾成品經真空包裝後放置 45℃ 恆溫箱進行 8、15、23、30、38 及 45 天的保存期限加速試驗 (accelerated shelf life studies)，以 Q_{10} 係數為 2 的假設下，於加速試驗下獲得的品質劣變指標數值可推估為成品於室溫 25℃ 下儲藏 32、60、92、120、152 及 180 天期間之品質變化。

另依據行政院衛生福利部公告「食品微生物之檢驗方法－其他即食食品類」之微生物衛生標準，檢測產品之總生菌數 (total viable count, TVC)、金黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 及沙門氏菌 (*Salmonella* spp.) 數。

五、統計分析

實驗數據以電腦統計軟體 IBM®SPSS Statistics®(IBM, 2015) 進行變方分析 (Analysis of Variance, ANOVA)。當 F 值為顯著時，再以 Duncans' test 測定組與組間差異顯著性， $p < 0.05$ 即視為具顯著性差異。各組間統計結果以英文字母表示，不同英文字母代表彼此間有顯著差異存在 ($p < 0.05$)。

結果與討論

一、黏合劑配方對重組魚肉乾之影響

重組肉製品是由絞肉加工製成具有均一質地及外觀的產品 (Choi *et al.*, 2008)，係以魚溶膠 (Sol) 為黏合劑的魚漿加工品，影響其品質的各種因素，包括加工條件 (Silva *et al.*, 2016; Ismail *et al.*, 2017)、原材料 (Yang *et al.*, 2009; Nisov *et al.*, 2020) 和添加物 (Ku *et al.*, 2013)。

本研究以石斑魚邊角肉添加 a - e 組黏著劑配方 (Table 1) 試製重組魚肉，結果顯示，a 組 (未添加黏著劑) 之重組魚肉結構鬆散易碎，而使用 c、d、e 組黏著劑的重組魚肉在煮熟後呈現較綿密結構且不易碎開 (Fig. 1)。



Fig. 1 Appearance of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesive formulations. Group a (Control): No adhesives used; Group b: High salt content; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group d: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content; Group e: Used enzyme.

Table 1 Adhesive compositions for restructured fish meat

Group	Adhesive composition
a	Control (no adhesives used)
b	High salt content
c	Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content
d	Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content
e	Used enzyme

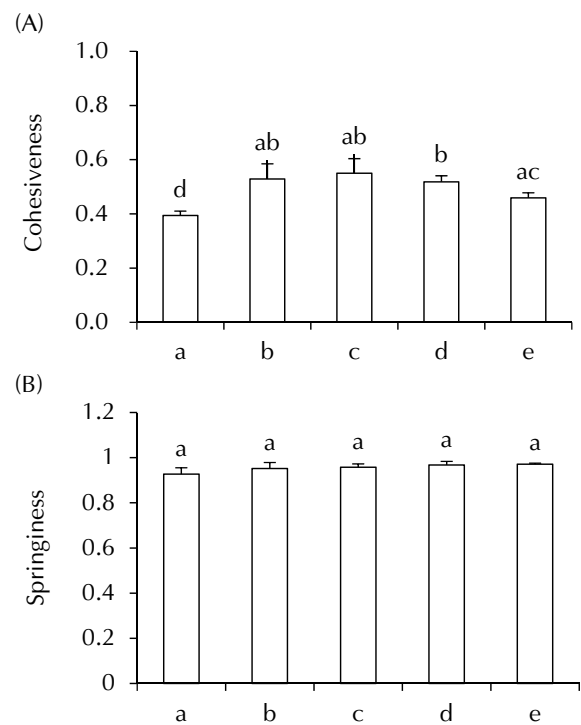


Fig. 2 (A) Cohesiveness and (B) springiness of restructured jerky from grouper off-cuts made with different adhesives. Group a (Control): No adhesives used; Group b: High salt content; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group d: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content; Group e: Used enzyme. Data are presented as mean $\pm$ standard deviation ($n=3$), with statistical significance set at $p < 0.05$.

以質地分析儀分析 b - e 組重組魚肉之內聚性 (cohesiveness) 為 0.46 - 0.55 (對照組 Group a 為 0.39)；彈性 (springiness) 為 0.95 - 0.97 (對照組 Group a 為 0.93)，其中使用黏著劑 (b - e) 之各組相較對照組皆呈現較高之內聚性與彈性 (Fig. 2)。趙等 (2008) 指出重組魚排之內聚力達 0.5 以上，可使重組魚肉呈現良好的組織結構，且肉品之彈性及內聚力越高，表示重組魚肉品

質愈好。蔡 (2016) 發現添加 1 - 2% 食鹽的金線鯪魚漿其彈性優於 3 - 5% 添加組。本研究顯示添加鹽類、天然膠、品質改良劑、酸鹼緩衝劑或酵素製劑皆可提升重組魚肉之內聚性 (> 0.5) 而得到更佳的重組肉品質, 但當提升鹽類添加量時 (如 Group b、d; Table 1), 則未獲得較高之內聚性與彈性, 故後續試驗以添加低鹽比例之 Group c、e 黏著劑配方進行重組魚肉之品質分析探討, 同以 Group a (未添加黏著劑) 作為對照組。

二、低溫膠化時間對重組魚肉乾之影響

冷固化黏合系統 (cold-set binding systems) 對重組肉的網絡形成和流變結構取決於黏合系統與冷固化的時間和溫度 (Sadeghi-Mehr *et al.*, 2018)。肌肉的黏合可藉由: (一) 用鹽和磷酸鹽萃出肌原纖維蛋白, 並透過熱處理 (如: 烹飪過程) 誘導凝膠化, 從而在肉塊之間提供黏合力; 或 (二) 以化學方法凝固黏合以誘導黏合劑凝膠化 (Boles and Shand, 1998), 其中方法 (二) 可直接利用冷凍原料, 且於後續的熱切片和冷切片的處理過程中皆保持黏合 (Esguerra, 1994; Desmond *et al.*, 2001), 此外, 其在無須添加鹽和磷酸鹽的作用下即可達成黏合效果, 亦能滿足消費者對低鹽產品的健康需求。因此本研究將添加黏著劑 Group c、e 之重組魚肉於 4°C 下進行 4、8、20 及 24 hr 之低溫膠化作用, 並探討凝膠性質的變化, 結果顯示添加黏著劑組 (Group c、e) 之重組魚肉的彈性在膠化第 4 hr 時, 相較對照組呈現顯著增加的趨勢, 其中以 e 組增幅較多, 之後各組之彈性在 24 hr 內皆未隨時間而產生明顯的變化, 而各組之內聚性則在低溫膠化期間皆未產生明顯變化 (Fig. 3), 此結果表示低溫短時間 (4 hr) 的處理即可促進石斑魚邊角肉與黏著劑間形成鍵結, 且黏著劑的添加更有助於形成緊實及彈性的重組魚肉結構。此結果與金線鯪魚漿於低溫 (4°C) 靜置處理 20 hr 可達最大膠強度 (王, 2004), 及使用天然膠在 4°C 低溫膠化 2 hr 後顯示出最高的結合強度 (Hong and Chin, 2010) 的研究相同。

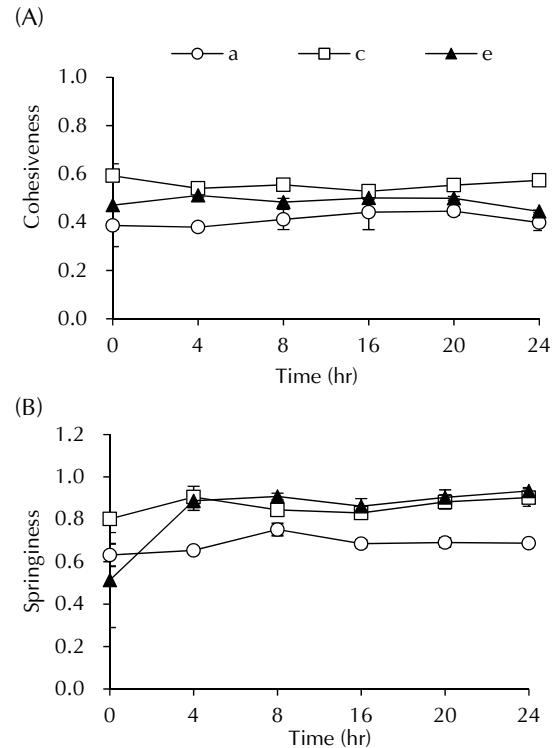


Fig. 3 (A) Cohesiveness and (B) springiness of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesives during the low-temperature gelation process. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Data are presented as mean $\pm$ standard deviation (n=3).

三、烘烤條件對重組魚肉乾之影響

將添加黏著劑之重組魚肉 (厚度為 3 mm) 分別探討一段式高溫烘烤 (one-stage baking) 或先中溫熟成再高溫烘烤的二段式烘烤 (two-stage baking) 對品質之影響, 結果顯示以一段式烘烤之重組魚肉乾其水分含量為 26.07 - 38.07%; 水活性為 0.82 - 0.87, 整體外觀較濕潤、表面較脆且部分容易焦化 (Fig. 4A), 此原因可能為高溫使表面水分蒸發過快、而內部水分擴散太慢, 使食品外部形成乾層, 阻礙食品內部的水分向外擴散, 而此現象為表面硬化 (case hardening) (Gulati and Datta, 2015)。然二段式烘烤因先以中溫熟成將肉乾之內部水分隨乾燥處理漸外擴至表面, 降低水分含量, 再施以高溫烘烤將肉乾烤熟並伴隨梅納反應產生香氣, 可使產品相較於一段式烘烤呈現較低的水分含量 10.00 - 11.83% 與水活性 0.64 - 0.71 (Table 2), 且外觀完整較無焦化現象

Table 2 Moisture content and water activity of 3 mm-thick restructured jerky made from grouper off-cuts after one-stage and two-stage baking processes

Group	Moisture (%)		Aw	
	One-stage baking	Two-stage baking	One-stage baking	Two-stage baking
a	38.07 ± 1.31	10.00 ± 1.37	0.87 ± 0.01	0.64 ± 0.01
c	32.13 ± 1.84	11.53 ± 1.91	0.82 ± 0.02	0.64 ± 0.04
e	26.07 ± 2.64	11.83 ± 2.90	0.82 ± 0.01	0.71 ± 0.04

Data are presented as mean ± standard deviation (n=3).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

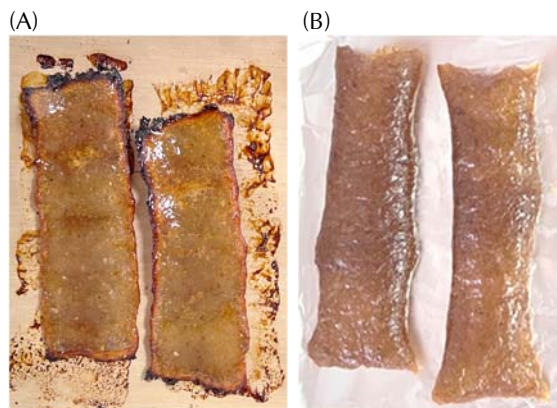
Table 3 Moisture content, water activity (Aw), and weight loss of 5 mm-thick restructured jerky made from grouper off-cuts after the two-stage baking process

Group	Moisture (%)	Aw	Weight loss ¹ (%)
a	14.20 ± 0.92	0.74 ± 0.01	57.16
c	15.63 ± 1.55	0.66 ± 0.01	54.03
e	13.00 ± 1.08	0.71 ± 0.01	55.41

Data are presented as mean ± standard deviation (n = 3).

¹Weight loss = [weight before drying (g) – weight after drying(g)] ÷ weight before drying (g) × 100 (%).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

**Fig. 4** Appearance of restructured jerky made from grouper off-cuts after (A) one-stage baking and (B) two-stage baking processes.

(Fig. 4B)。過去亦有文獻以豬肉製作肉乾，採用 50 – 55℃ 乾燥後，再以 180℃ 烘烤 (達米, 2021; 賴, 2022)。

為迎合市售商品販售樣態，將重組魚肉乾製成厚度為 5 mm 經二段式烘烤其水分含量與水活性亦比一段式烘烤的薄片 (厚度 3 mm) 低 (Table 3)。IMF 係指水分含量約 20 – 40%；Aw = 0.65 – 0.85 的半濕半乾食品，其組織及風味較保持原味且水活性不適合細菌與酵母菌生長，可於

長期室溫儲藏、增加食品貯存性、提高產品價值 (Qiu *et al.*, 2019)。本研究結果顯示，經二段式烘烤之重組魚肉乾 (厚度 3、5 mm) 其水分含量和 Aw 皆屬於 IMF 產品應可於室溫儲藏，亦符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾產品之規定 (水分含量 < 25%、水活性 < 0.80) 之規定。

四、一般成分分析

將 a、c、e 組厚片 (5 mm) 重組魚肉乾進行一般成分分析，經換算為乾物重 (g/100 g) 後，結果顯示，相較於對照 (a) 組，添加黏著劑 (c、e) 組重組魚肉乾的蛋白質含量與脂肪含量有些微下降，而灰分與碳水化合物則略顯上升，推測與黏著劑的添加有關 (Table 4)。

五、質地分析

剪切力 (shear force) 是評估食品質地來呈現「咬合力」，其數值越高則代表產品質地較硬，試驗以物性測定儀將石斑魚邊角料所製成之重組魚肉乾與市售產品進行剪切力，分析結果如 Fig. 5，市售魚肉乾 fish jerky 1、fish jerky 2 之

Table 4 Proximate composition of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesives

Group	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)	Carbohydrates (%)
a	44.99	4.40	2.24	48.38
c	38.41	3.75	7.25	50.59
e	42.67	3.27	3.42	50.63

Values are expressed on a dry weight basis (g/100 g).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

剪切力分別為 12,450 與 6,246 g；豬肉乾 pork jerky 1、pork jerky 2 之剪切力則分別為 7,827 與 17,444 g；本研究之重組魚肉乾 Group c、e，其剪切力分別為 10,107 與 7,365 g，其口感類似市售較軟質的產品。

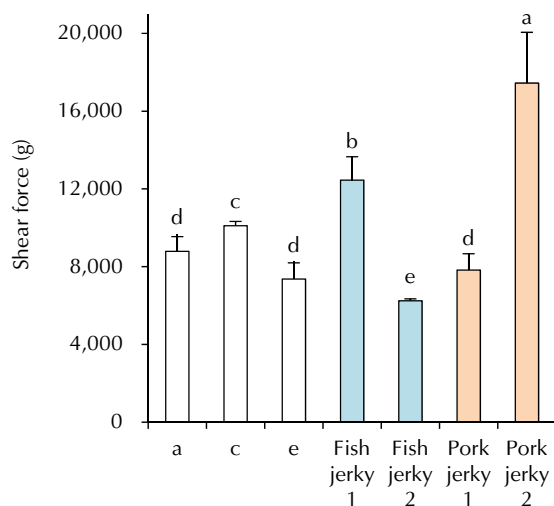


Fig. 5 Shear force of commercially available jerky and restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesive formulations ($p < 0.05$). Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Data are presented as mean $\pm$ standard deviation ($n=3$).

六、保存試驗

溫度效應係數 (Q_{10} effect) 是指溫度每增加 10°C ，其化學或生化的反應速率會提高 2 倍。本實驗將重組魚肉乾成品經真空包裝後放置於恆溫箱以 45°C 、45 天進行保存期限的加速試驗 (accelerated shelf life studies)，在 $Q_{10}=2$ 的假設下，提高 20°C 的反應溫度，其化學反應速率將提升為 4 倍，藉此推估於室溫 25°C 下儲藏 180 天期間之品質變化。

將真空包裝之 a、c、e 組重組魚肉乾於 45°C 、45 天下經食品加速劣變試驗推估室溫下儲藏 180 天之品質變化，結果顯示，各試驗組之重組魚肉乾在儲藏期間水分皆 $< 25\%$ 、水活性皆 < 0.80 (介於 $0.7 - 0.8$ 之間，屬於中度水活性食品)、pH 值介於 $5 - 6$ (Fig. 6)，且總生菌數皆 < 100 CFU/g；金黃色葡萄球菌和沙門氏菌則皆為未檢出 (Table 5)，綜上結果推算，本研究之重組魚肉乾在真空包裝下，可於室溫下儲存至少 6 個月。

七、重組魚肉乾之官能品評

參與本研究之官能品評中，女性有 5 位 (35.7%)，男性有 9 位 (64.3%)，共 14 人，且以男性居多；年齡方面，以 21 - 30 歲有 6 人居多，其次為 31 - 40 歲有 4 人，41 - 50 歲有 3 人，51 - 60 歲有 1 人。將 a、c、e 組黏著劑製成之重組魚肉乾以九分制官能品評評判產品之外觀、色澤、風味、口感和整體接受度，結果顯示 a 組除了外觀與色澤外，其他品評項目之評分皆低於 5 分，顯示其在口感與風味之喜好度較低；c 組除了風味外，其他品評項目之喜好度評分皆高於 5 分，整體接受度為 5.2 分；e 組的所有品評項目之喜好度評分則皆高於 5 分，且整體接受度最佳為 6.5 分 (Fig. 7)，為風味可接受度較佳的產品。

八、重組魚肉乾-市售產品比較

盤點目前市售魚肉乾多以鮪魚為原料，分析水分含量為 13.2% 和 14.2%，水活性約 $0.6 - 0.7$ ，厚度約 3 - 4 mm，每 100 g 售價為 65 - 120 元，保存期限標示為 6 - 8 個月；而市售豬肉乾水分約為 15.3% 和 10.8%，水活性約 $0.6 - 0.8$ ，厚度約 3 - 8 mm，每 100 g 價格約 130 - 170 元，保存期限標示為 6 個月 (Table 6)。本研究研製之重組魚肉乾，原料為石斑魚邊角肉，原料每公斤售價約

Table 5 Microbial counts (CFU/g) of restructured grouper jerky during storage, differentiated by adhesive treatment

Microorganism	Group	Storage days					
		0	30	60	120	150	180
Total viable count (TVC)	a	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
	c	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
	e	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i>	a	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	e	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	a	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	e	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Values are expressed as colony-forming units per gram (CFU/g).

<10² indicates counts were below the detection limit of 100 CFU/g.

ND: Not detected.

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

Table 6 Comparison between commercially available fish jerky, pork jerky and this research products

Parameter	Fish jerky 1 (Tuna)	Fish jerky 2 (Tuna)	Pork jerky 1	Pork jerky 2	This research products (Group e)
Moisture (%)	14.17 ± 0.97	13.23 ± 0.60	15.30 ± 0.57	10.80 ± 0.85	13.00 ± 1.08
water activity	0.70 ± 0.01	0.66 ± 0.01	0.78 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.71 ± 0.01
Shear force (g)	12,450 ± 1,201	6,246 ± 95	7,826 ± 835	17,443 ± 2,610	7365 ± 829
Thickness (mm)	3	4	8	3.5	5
Price (NTD/100 g)	65	120	132	168	60-120 (estimated)
Shelf life (months)	6	8	6	6	6

Values are presented as mean ± standard deviation (n = 3)

為 300 元，製成魚肉乾後，每公斤售價可達 600 – 1,200 元，基此，利用重組技術將水產加工副產物（邊角肉）生產肉乾製品，不僅可增加其附加價值，同時也提升本土水產品的市場競爭力。

結 論

利用石斑魚邊角肉添加黏著劑導入重組技術，再經低溫膠化、中溫熟成、高溫烘烤等製程以產製 5 mm 厚度重組魚肉乾，經儲藏試驗證實，可於室溫下儲藏至少 6 個月，其總生菌數 < 100 CFU/g，且皆未檢出金黃色葡萄球菌與沙門氏菌，而產品品質符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾之規定，並經官能品評結果顯示，e 組重組魚肉乾之整體接受度為最佳。本研究為魚肉乾

的重組加工應用，相關文獻較少，且市售魚肉乾多以鮪魚為原料，而本技術所添加之黏著劑亦希望可套用於其他魚種，且配方中未添加防腐劑，相較市售肉乾產品，添加物使用少，更符合消費者的期待，具有潛在優勢，未來可結合蔬果素材優化魚肉乾風味與質地，開發具市場差異化的肉乾產品，開拓健康化零食市場，滿足消費者對於美味與健康兼具的需求，提升產品競爭力。

參考文獻

- 王耀東 (2004) 冷凍金線鯪魚漿生產煉製品之適性研究. 國立臺灣海洋大學食品科學系 碩士論文, 基隆, 79 pp.
- 高淑雲, 蔡慧君 (2017) 石斑魚產業現況及其副產物研發可行性之評估. 水試專訊, 57: 17-19.

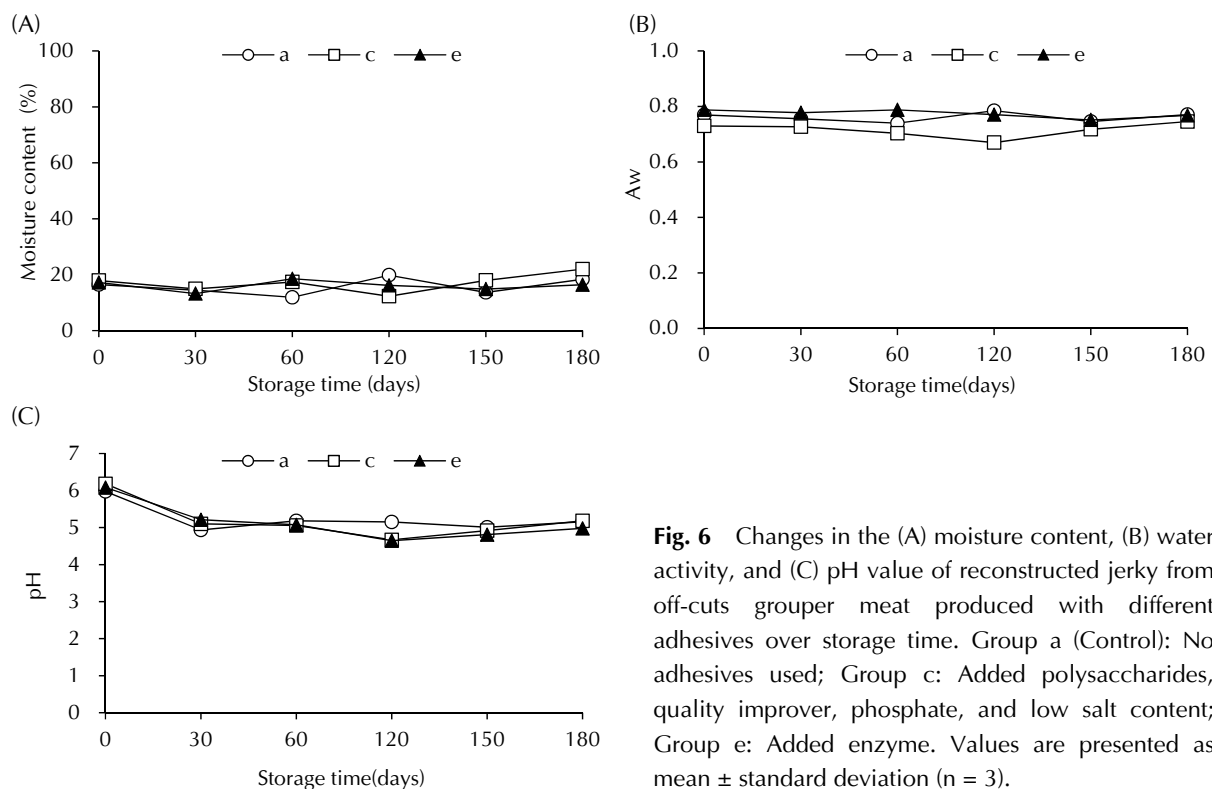


Fig. 6 Changes in the (A) moisture content, (B) water activity, and (C) pH value of reconstructed jerky from off-cuts grouper meat produced with different adhesives over storage time. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Values are presented as mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$).

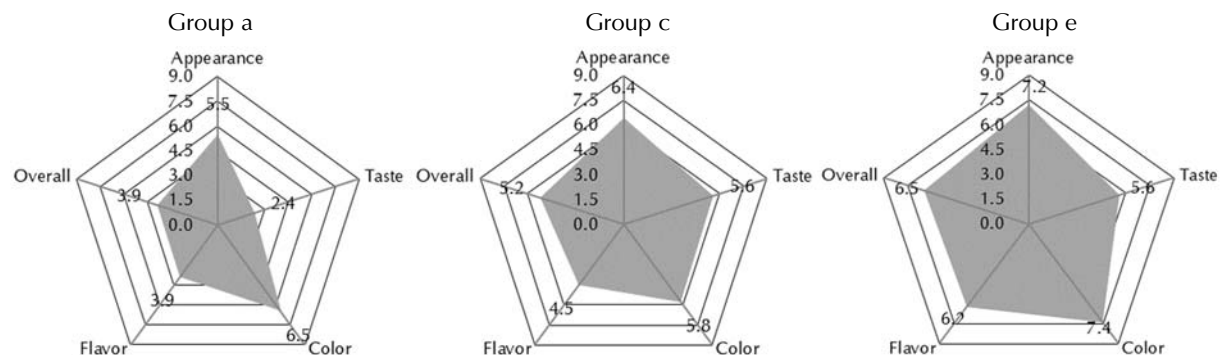


Fig. 7 Sensory evaluation of reconstructed jerky from off-cuts grouper meat prepared with different adhesives. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Values are presented as mean $\pm$ standard deviation ($n = 14$).

黃健政 (2013) 大宗水產原料產品之技術研發. 行政院農業委員會漁業署 102 年度科技計畫研究報告, 139 pp.

黃郁雯 (2016) 輕度乾燥處理對金目鱸及秋刀魚一夜干品質的影響. 國立嘉義大學食品科學系研究所碩士論文, 嘉義, 138 pp.

達米 (2021) 不同乾燥條件對重組肉乾脂肪氧化與風味口感之研究. 國立屏東科技大學食品科學國際碩士學位學程 碩士論文, 屏東, 62 pp.

蔡瑞慶 (2016) 加工參數對金線鱸魚漿煉製品品質之影響. 國立高雄海洋科技大學 碩士論文, 高雄, 75 pp.

漁業署 (2024) 2023 年中華民國臺閩地區漁業統計年

報. 農業部漁業署, 臺北.

趙毓謙, 陳淑德, 林榮信, 陳輝煌 (2008) 麩醯基轉移酶對重組魚排組織之影響. 宜蘭大學生物資源學刊, 4(2): 127-133.

賴郁雯 (2022) 肉乾和滷肉加工過程中雜環胺及多環芳香族碳氫化合物之生成與抑制. 輔仁大學食品科學系 碩士論文, 新北市, 248 pp.

鍾惠珊 (2012) 石斑加工之下腳料附加價值提升評估開發研究. 國立高雄海洋科技大學 碩士論文, 高雄, 92 pp.

AOAC (2016) Official Methods of Analysis (20th edition). Association of Official Analysis Chemists, Rockville, Maryland, U.S.A.

- Boles, J. A. (2011) Use of cold-set binders in meat systems. *Processed Meats*, 11: 270-298.
- Boles, J. A. and P. J. Shand (1998) Effect of comminution method and raw binder system in restructured beef. *Meat Sci.*, 49(3): 297-307.
- Choi, J. H., J. Y. Jeong, D. J. Han, Y. S. Choi, H. Y. Kim, M. A. Lee, E. S. Lee, H. D. Paik and C. J. Kim (2008) Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Sci.*, 80(2): 278-286.
- Desmond, E., D. Troy, T. Kenny, C. McDonagh and P. Ward (2001). Development of value-added beef products: Research report. Teagasc, The National Food Centre.
- Esguerra, C. M. (1994) Quality of cold set restructured beef steaks: Effects of various binders, marination and frozen storage. *MIRINZ Tech. Rep.* 945.
- Gulati, T. and A. K. Datta (2015) Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *J. Food Eng.*, 166: 119-138.
- Hong, G. P and K. B. Chin (2010) Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocoll.*, 24(4): 444-451.
- Ismail, I., N. H. M. Fauzi, M. Z. Baki and H. L. Hoon (2017) Effects of different drying methods and hydrocolloids on quality properties of semi-dried catfish jerky. *Mal. J. Appl. Sci.*, 2(1): 11-18.
- Ku, S. K., J. D. Park, N. H. Lee, H. J. Kim and Y. B. Kim (2013) Physicochemical and sensory properties of restructured jerky with four additives. *Food Sci. Anim. Resour.*, 33(5): 572-580.
- Nisov, A., H. Aisala, U. Holopainen-Mantila, H. L. Alakomi, E. Nordlund and K. Honkapää (2020) Comparison of whole and gutted baltic herring as a raw material for restructured fish product produced by high-moisture extrusion cooking. *Foods*, 9(11): 1541.
- Qiu, L., M. Zhang, J. Tang, B. Adhikari and P. Cao (2019) Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Res. Int.*, 116: 90-102.
- Sadeghi-Mehr, A., P. Raudsepp, D. A. Brüggemann and R. L. Stephan Drusch (2018) Dynamic rheology, microstructure and texture properties of model porcine meat batter as affected by different cold-set binding systems. *Food Hydrocoll.*, 77: 937-944.
- Silva, F. A. P., V. C. S. Ferreira, M. S. Madruga and M. Estévez (2016) Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. *J. Food Sci. Tech.*, 53(8): 3137-3146.
- Yang, H. S., Y. H. Hwang, S. T. Joo and G. B. Park (2009) The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Sci.*, 82(3): 289-294.

Development and Quality Evaluation of Processed Products from Grouper Off-Cuts

Yi-Ting Pan, Ting-Mei Wang, Tang-Ying Gao and Huey-Jine Chai*

Seafood Technology Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Most domestically farmed grouper in Taiwan is exported live or sold as quick-frozen whole fish and fillets with minimal further processing. This limits the variety of value-added products and results in approximately 40–60% of the fish becoming underutilized by-products during processing. To improve utilization efficiency and added value, this study developed an intermediate-moisture restructured fish jerky using grouper off-cuts. We investigated how binding agent formulations, low-temperature gelling, and baking conditions affected its quality. Results showed that restructured fish prepared with either natural gum or enzymatic treatment exhibited higher cohesiveness and springiness after 4 hours of low-temperature gelling. Following a two-stage baking process, the final jerky products had moisture contents of $15.63 \pm 1.55\%$ and $13.00 \pm 1.08\%$ and water activities of 0.66 ± 0.01 and 0.71 ± 0.01 , respectively, all meeting Taiwan's "Certified Excellent Domestic Livestock Products" standards for dried meat products. Sensory evaluation indicated that the enzymatic treatment group achieved the highest overall acceptability score of 6.5. Shelf-life testing demonstrated that the restructured jerky could remain stable for at least six months at room temperature. Based on a survey of comparable commercial products and cost analysis, this approach could increase the added value of grouper off-cuts by two- to fivefold.

Key words: grouper, off-cut meat, restructured fish jerky, intermediate moisture food

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 2462-3792 ; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: hjchai@mail.tfrin.gov.tw