

豬血漿麩醯基轉移酶配合凝血酶和血纖維蛋白原製備結著劑對畜產品凝膠特性之影響⁽¹⁾

郭明儒⁽²⁾ 曾再富⁽²⁾ 陳文賢⁽³⁾⁽⁵⁾ 陳佳萱⁽⁴⁾

收件日期：104 年 7 月 14 日；接受日期：105 年 3 月 28 日

摘 要

本研究旨在探討最適化條件之豬血漿麩醯基轉移酶 (transglutaminase, TGase) 配合凝血酶 (thrombin) 和血纖維蛋白原 (fibrinogen) 製備結著劑 (TGase with thrombin and fibrinogen binding agent, TGTF 結著劑) 對蛋白、蛋黃及牛乳凝膠特性之影響。蛋白、蛋黃及牛乳中分別添加不同比例 (0.5、1.0、1.5 及 2.0%) 之 TGTF 結著劑粉末，檢測試樣之膠體凝結時間、凝膠強度和質地剖面分析 (硬度、彈性、內聚性、附著度及膠黏性)。結果顯示，隨著添加 TGTF 結著劑百分比的增加，膠體凝結時間有減少的現象 ($P < 0.01$)，其中牛乳具有最短的膠體凝結時間，而蛋黃凝結時間則最長，且凝膠強度有逐漸上升的趨勢 ($P < 0.01$)。質地剖面分析方面，添加 TGTF 結著劑能提升蛋白及蛋黃膠體的硬度、彈性、內聚性及膠黏性 ($P < 0.01$)，且能提升牛乳的硬度、彈性及膠黏性 ($P < 0.01$)。

關鍵詞：豬血漿麩醯基轉移酶、凝血酶、血纖維蛋白原、蛋白、蛋黃、牛乳。

緒 言

麩醯基轉移酶亦稱為凝血因子十三 (TGase, EC1.3.1.13)，為存在於血漿、胎盤及血小板內之酵素。經由鈣之激活，麩醯基轉移酶可催化蛋白質分子內或分子間的醯基轉移反應，促進 ϵ -(γ -Glu)Lys 共價聯結的形成，進而達到修飾蛋白質及改善功能性的目的。Cohen *et al.* (1979) 及 Kahn and Cohen (1981) 曾利用血漿麩醯基轉移酶催化肌球蛋白、肌凝蛋白及纖維蛋白原間之鍵結，形成不溶性的蛋白質結合物。而 Kuraishi *et al.* (1997) 則利用麩醯基轉移酶結合酪蛋白鹽製作食品結著劑，以提高結著劑的黏稠性並用於增加不同食品的結著力，如碎牛肉製作重組牛排或小塊狀魚肉製成大塊狀魚片等。故許多研究已利用 TGase 進行催化多種蛋白質，如卵白蛋白、酪蛋白、乳清蛋白、大豆蛋白、肌凝蛋白及肌動蛋白等蛋白質之聚合作用，以改善製品的質地、彈性及保水性等 (Færgemand *et al.*, 1999; Ikura *et al.*, 1981; Sakamoto *et al.*, 1994; Seguro *et al.*, 1995)。亦有相當多文獻探討 TGase 於食品或肉品加工利用上的可行性，如魚板、優格及雞肉丸等之製作 (Jiang *et al.*, 1998; Lauber *et al.*, 2000; Motoki and Seguro, 1998; Tseng *et al.*, 2000)。曾等 (2015) 探討最適化條件之豬血漿麩醯基轉移酶配合凝血酶和血纖維蛋白原製備結著劑，利用反應曲面法求得 TGTF 結著劑之最適化反應條件為 pH 值 7.5、溫度 36°C 及 Ca^{2+} 濃度 50 mM。故本試驗繼續採用前述作者 (曾等, 2015) 以最適化法製得取得之結著劑，以不同比例添加於雞蛋白、雞蛋黃及牛乳中，探討最適化結著劑對不同畜產原料物理性狀之影響。

材料與方法

I. 試驗血液材料之製備

本研究血液材料先利用反應曲面法 (response surface methodology, RSM)，探討豬血漿麩醯基轉移酶配合凝血酶和血纖維蛋白原製備之結著劑的最適凝結條件。取豬血漿 TGase 配合凝血酶和血纖維蛋白原以 1.5 : 1.0 : 25 pH 值 (pH 5.5、6.5、7.5、8.5 及 9.5)、溫度 (4°C、12°C、20°C、28°C 及 36°C) 及 Ca^{2+} 濃度 (10 mM、20 mM、30

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2383 號。

(2) 國立嘉義大學動物科學系。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所加工組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所遺傳育種組。

(5) 通訊作者，E-mail：wschen@mail.tlri.gov.tw。

mM、(v/v/v) 的比例製備 TGTF 結著劑混合液。取 20 組各 10 mL 之 TGTF 結著劑混合液作為試驗樣品，反應變數有 40 mM 及 50 mM)。由 RSM 得知 pH 值為影響 TGTF 結著劑凝膠特性的主要因子，而 pH 7.5 具有最佳的凝膠特性，當 pH 固定為 7.5 時，隨溫度的增加，膠體凝結時間有減少的趨勢，凝膠強度及 TPA 也有逐漸增加的趨勢。另外，固定溫度為 36°C 時，隨 Ca^{2+} 濃度增加，膠體凝結時間有減少的趨勢，凝膠強度和 TPA 亦有逐漸增加的趨勢。故根據反應曲面法求出最適化之反應條件為 pH 7.5、溫度 36°C 及 Ca^{2+} 濃度 50 mM 時，具有最佳之凝膠特性 (曾等, 2015)。

II. 試驗處理

依上述最適條件製備之 TGTF 結著劑混合液，並使用冷凍乾燥機 (Flexi-Dry, FD-1-54A, KINETICS, U.S.A.) 凍乾後研磨成粉末狀備用。試驗原料蛋白液、蛋黃液及牛乳均來自嘉義大學動物科學系試驗牧場，各種原料進行試驗前經過不同程度熱處理，熱處理方式如下：蛋白液：55°C – 57°C，加熱 3 min；蛋黃液：58°C – 63°C，加熱 4 min；牛乳：80°C，加熱 15 min。待各種加熱原料冷卻至 35°C – 40°C 後，於蛋白、蛋黃及牛乳中分別添加不同比例 (0.5%、1.0%、1.5% 及 2%) 之 TGTF 結著劑粉末拌勻後，進行檢測凝結時間、凝膠強度及質地剖面分析。本試驗每種處理採樣 6 個樣品，每種處理進行三重複。

III. 分析項目及方法

(i) 凝結時間 (clot time) 測定

添加 TGTF 後開始計時至完全凝結為止。

(ii) 凝膠強度 (gel strength) 測定

將製備好的試驗樣品，以小型萬能材料試驗裝置 (Shimadzu EZTest/CE, Japan) 進行測定，配合使用 5 kg 的載體及直徑 5 mm、長度 50 mm 之扁平頭測定棒進行凝膠強度試驗。測定前先使用軟體設定擠壓高度為 15 mm，移動速度為 30 mm/min，次數為來回一次，所得結果以電腦曲線圖表示之，凝膠強度計算為力量 (g) × 距離 (mm)。

(iii) 質地剖面分析 (Texture profile analysis, TPA)

將製備好的試驗樣品，以小型萬能材料試驗裝置 (Shimadzu EZTest/CE, Japan) 進行測定，配合使用 5 kg 的載體及直徑 5 mm、長度 50 mm 之圓頭測定棒進行質地剖面分析。測定前先使用軟體設定擠壓高度為 8 mm，移動速度為 100 mm/min，次數為來回二次，以計算硬度 (hardness)、內聚性 (cohesiveness)、彈性 (springiness)、附著度 (adhesiveness) 及膠黏性 (gumminess) 之數據，所得結果以電腦曲線圖表示之。

IV. 統計分析

以 SAS (1996) 統計分析系統套裝程式進行，使用一般線性模式程式 (general linear models procedure) 進行變方分析與鄧肯氏多變域顯著性測驗 (Duncan's multiple range significant test)，比較各處理組間之差異。

結果與討論

I. 最適化條件之 TGTF 結著劑其物性分析結果

最適化條件 TFGT 結著劑之破斷強度如表 1，顯示 TGGT 結著劑之凝膠強度為 214 g/mm²，載體平均力量為 81.3 g/mm²。表 2 為最適化條件 TFGT 結著劑之質地剖面分析結果，顯示在硬度、彈性、內聚性、附著度及膠黏性方面，分別為 105.03 g/mm²、12.61 g/mm²、0.85 g.mm、0.42 g.mm 及 89.93 g.mm。Kuraishi *et al.* (1997) 指出，96 g/mm² 的凝膠強度即可促進重組肉之結著能力。由此可知，最適化條件之 TGTF 結著劑具有良好的凝膠效果，若應用於重組肉製作，可改善其製品結著性。Sakamoto *et al.* (1994) 指出蛋黃及蛋白能作為黏基轉移酶的受質並可提高其凝膠特性。另外，Lauber *et al.* (2000) 指出添加少量之 TGase 寡聚合物即可有效提升優格的凝膠強度。Ikura *et al.* (1980a, 1981) 及 Færgemand *et al.* (1997) 則指出 TGase 能催化酪蛋白及乳清蛋白形成 ϵ -(γ -Glu)Lys 之共價聯結，進而改善食品蛋白質之功能特性。

表 1. 最適化條件 TGTF 結著劑之凝膠強度分析

Table 1. Gel strength of more suitable condition for TGTF binding agent

Data item	Gel strength	Load stress mean
Unit	g/mm ²	g/mm ²
Results	214.65	81.30

表 2. 最適化條件 TGTF 結著劑之質地剖面分析

Table 2. Texture profile analysis of optimal condition for TGTF binding agent

Data item	Hardness	Springiness	Cohesive	Adhesiveness	Gumminess
Unit	g/mm ²	g/mm ²	g.mm	g.mm	g.mm
Results	105.03	12.61	0.85	0.42	89.93

圖 1 為最適化條件之 TGTF 結著劑於不同反應期間對凝膠強度之影響，結果顯示結著劑的凝膠強度會隨著反應時間的增加而呈現逐漸上升的趨勢 ($P < 0.01$)。Ikura *et al.* (1980a, 1981) 指出酪蛋白及大豆蛋白添加 TGase 於反應時間中，其單體含量會呈現逐漸下降的趨勢，游離胺生成量亦隨著反應時間增加而有上升的趨勢，顯示 ϵ -(γ -Glu)Lys 之共價聯結會隨著反應時間而逐漸增加。Seguro *et al.* (1995) 指出添加 TGase 於 Kamaboko 魚糕中，其 ϵ -(γ -Glu)Lys 共價聯結增加的同時，產品破斷強度亦呈現上升的趨勢。Tsukamasa *et al.* (1993) 指出 ϵ -(γ -Glu)Lys 之共價聯結會隨著 MTGase 濃度增加而提高，且凝膠破斷強度會隨著 ϵ -(γ -Glu)Lys 共價聯結增加而上升。

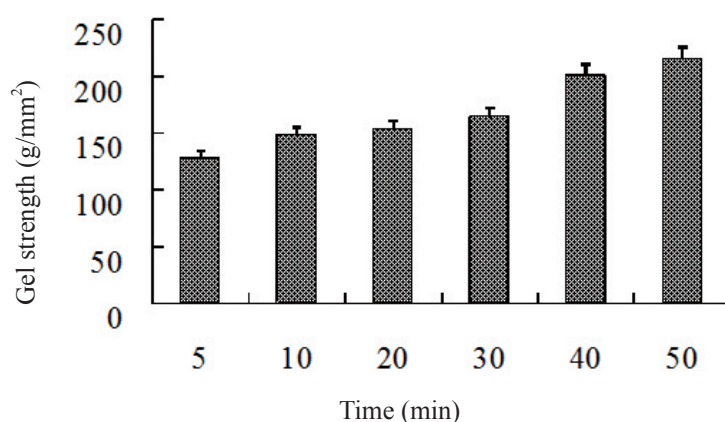


圖 1. 最適化條件 TGTF 結著劑於不同反應時間對凝膠強度之影響。

Fig. 1. Effect of various setting time of the TGTF binding agent at optimal condition on the gel strength.

II. 最適化條件之 TGTF 結著劑應用於蛋白及蛋黃之影響

圖 2 為蛋白及蛋黃添加不同百分比 TGTF 結著劑粉末之凝膠狀態外觀。蔡 (2004) 指出凝膠特性為蛋的重要功能特性之一，可廣泛的應用於食品加工方面，當其受到酸、鹼、尿素作用，產生含水分而凝固之凝膠化現象，故目前許多的蛋加工製品，即是利用其凝膠特性所製作而成 (張, 1999)。凝膠之機制主要是蛋白質分子先凝集形成雙體及三體，最後形成三度空間的網狀立體結構 (Koseki *et al.*, 1989; Margoshes, 1990)。蛋之凝膠性對於食品質地，如硬度、彈性、內聚性、咀嚼性及破斷性等皆具有重要的影響力，因此蛋之凝膠性一直成為食品加工的研究重點 (Handa *et al.*, 1998)。而本試驗中，分別添加 0.5%、1.0%、1.5% 及 2.0% 之 TGTF 結著劑粉末於蛋白及蛋黃中，探討 TGTF 結著劑對於蛋白及蛋黃物理性狀之影響。

圖 3 為蛋白添加不同百分比之 TGTF 結著劑粉末，其膠體凝結時間與凝膠強度之影響。圖中顯示隨著 TGTF 結著劑粉末比例的增加，膠體凝結時間亦隨添加量的增加而顯著下降 ($P < 0.01$)，其凝膠強度亦有顯著 ($P < 0.01$) 上升的趨勢。由此可知，隨著 TGTF 結著劑之添加可減少膠體凝結所需的時間，並有效提升蛋白的凝膠強度。此現象於蛋黃組亦有相同趨勢，圖 4 為蛋黃添加不同百分比 TGTF 結著劑粉末，對其凝固時間及凝膠強度之影響。圖中顯示，蛋黃之膠體凝結時間有顯著下降 ($P < 0.01$)，而凝膠強度隨著 TGTF 結著劑粉末的增加亦呈現顯著上升的趨勢 ($P < 0.01$)。Sakamoto *et al.* (1994) 指出添加 MTGase 能增加蛋白及蛋黃之膠體破斷強度，而隨著 MTGase 濃度的增加，蛋白及蛋黃之 ϵ -(γ -Glu)Lys 共價聯結也有逐漸增加的趨勢，而蛋白凝膠於 37°C，pH 6 – 7 時具有最高的 ϵ -(γ -Glu)Lys 共價聯結。另外，由於蛋黃含有 32.5% 的脂肪而蛋白僅含有 0.2% 的脂肪 (張, 1999)，較高的脂肪含量可能是造成蛋黃凝結時間顯著 ($P < 0.05$) 高於蛋白之原因。

表 3 及表 4 為蛋白及蛋黃添加 0.5%、1.0%、1.5% 及 2.0% 之 TGTF 結著劑粉末，對質地剖面分析之影響。結果顯示，蛋白凝膠及蛋黃凝膠的硬度、彈性、內聚性及膠黏性皆隨 TGTF 結著劑粉末之添加而有顯著增加 ($P < 0.05$) 的趨勢，可能為此結著劑催化蛋白及蛋黃之蛋白質分子，產生 ϵ -(γ -Glu)Lys 之不溶性高分子聚合物，進而改善其功能特性 (De Backer-Royer *et al.*, 1992)。

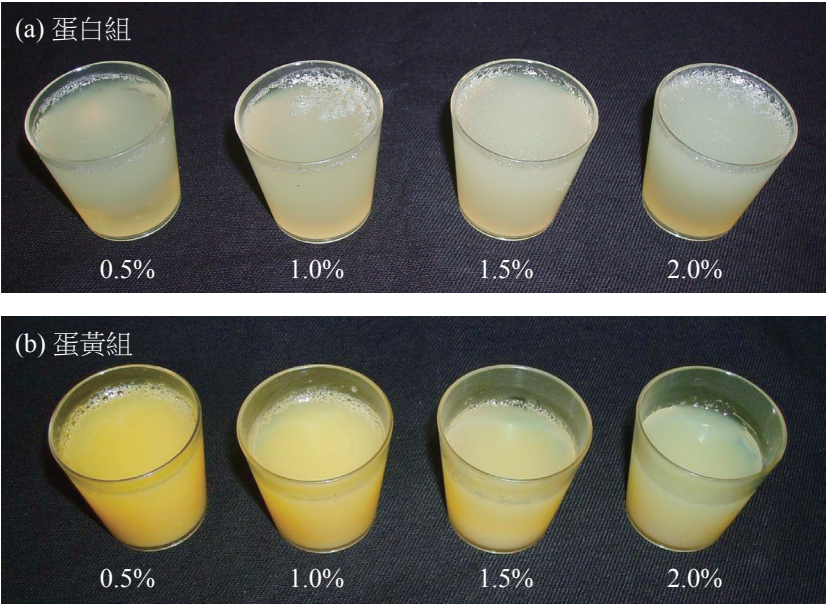


圖 2. 蛋白及蛋黃添加不同百分比 TGTF 結著劑粉末之凝膠狀態。
Fig. 2. Gel state of egg white and egg yolk with addition of various amount of TGTF binding agent powder.

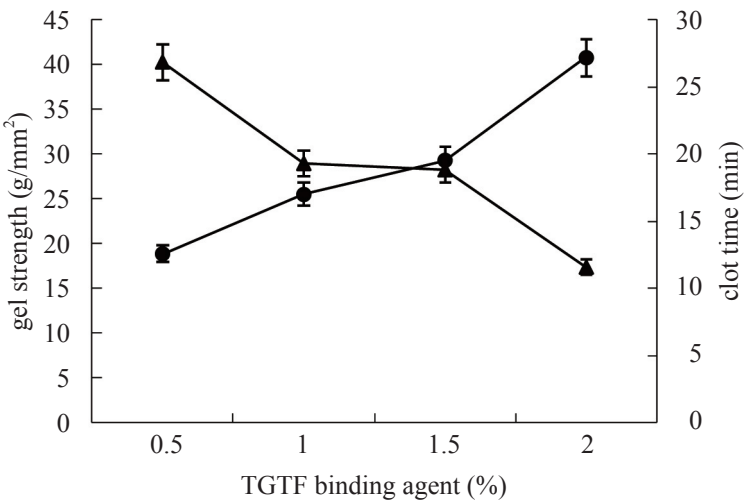


圖 3. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末對蛋白凝固時間及凝膠強度之影響。
Fig. 3. Effect of various amount of the TGTF binding agent powder on the gel time and gel strength of egg white.

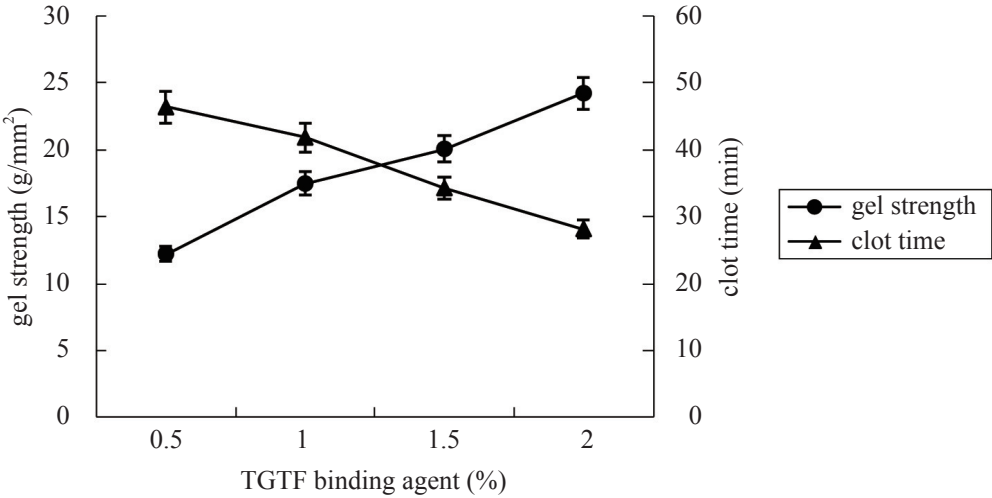


圖 4. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末對蛋黃凝固時間及凝膠強度之影響。
Fig. 4. Effect of various amount of the TGTF binding agent powder on the clot time and gel strength of egg yolk.

表 3. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末對蛋白質地剖面分析之影響

Table 3. Effect of various percentage of the TGTF binding agent powder on the texture profile analysis of egg white

Item	Groups				SEM
	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	
Hardness	12.74 ^d	15.55 ^c	22.43 ^b	26.76 ^a	0.10
Springiness	1.52 ^d	1.90 ^c	2.70 ^b	3.24 ^a	0.14
Adhesiveness	0.54 ^c	0.67 ^b	0.70 ^a	0.69 ^a	0.07
Cohesive	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05
Gumminess	6.25 ^d	10.87 ^c	16.25 ^b	17.98 ^a	0.11

a, b, c, d Means within the same row without the same superscript are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: standard error of means.

表 4. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末蛋黃質地剖面分析之影響

Table 4. Effect of various percentage of the TGTF binding agent powder on the texture profile analysis of egg yolk

Item	Groups				SEM
	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	
Hardness	9.68 ^d	12.59 ^c	21.41 ^b	24.77 ^a	0.11
Springiness	1.20 ^d	1.50 ^c	2.59 ^b	3.00 ^a	0.10
Adhesiveness	0.41 ^c	0.42 ^c	0.51 ^b	0.65 ^a	0.07
Cohesive	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05
Gumminess	7.12 ^d	8.49 ^c	17.44 ^b	20.47 ^a	0.15

a, b, c, d Means within the same row without the same superscript are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: standard error of means.

III. 最適化條件之 TGTF 結著劑應用於牛乳之影響

圖 5 為牛乳添加 0.5%、1.0%、1.5% 及 2.0% 之 TGTF 結著劑對其膠體凝結時間及凝膠強度之影響；而牛乳凝膠狀態外觀如圖 6。由結果顯示牛乳膠體凝結時間隨 TGTF 結著劑之添加而有逐漸減少的趨勢 ($P < 0.01$)，分別為 11.08、6.73、4.3 及 2.83 min，而凝膠強度分別為 6.37、9.86、19.88 及 21.92 g/mm²，與膠體凝固時間成反比現象，此可能為 TGTF 結著劑可催化牛乳中的酪蛋白 (Ikura *et al.*, 1981; Nonaka *et al.*, 1992; Traore and Meunier, 1991, 1992) 及乳清蛋白 (Aboumahmoud and Savello, 1989; Færgemand *et al.*, 1997; Traore and Meunier, 1992) 形成 ϵ -(γ -Glu)Lys 之共價聯結，促使牛乳形成凝集現象，進而改善牛乳膠體之凝膠特性。Kurth and Roger (1984) 指出酪蛋白為 TGase 良好受質的原因，可能是因為酪蛋白的結構與血纖維蛋白原相似之緣故。因此，此說明可用於解釋牛乳凝膠時間較蛋白及蛋黃為短之原因。此外，牛乳中含有 0.125% 鈣離子 (張, 1985)，此亦可能為加速 TGTF 結著劑的反應速率。

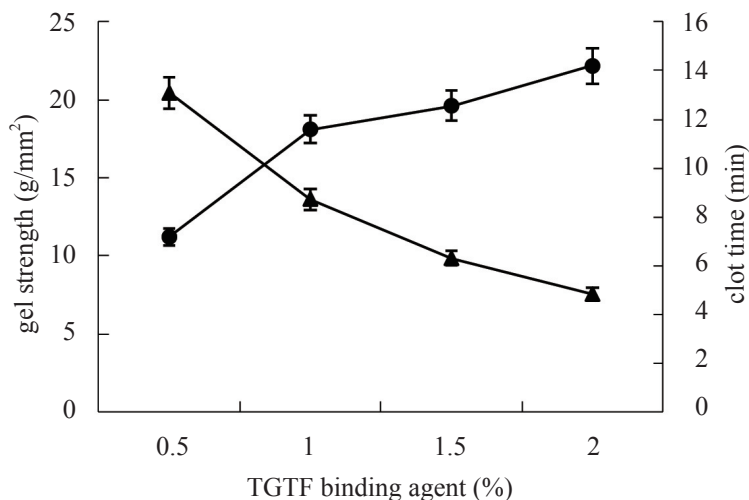


圖 5. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末對牛乳凝結時間及凝膠強度之影響。

Fig. 5. Effect of various amount of the TGTF binding agent powder on the clot time and gel strength of milk.



圖 6. 牛奶添加不同百分比 TGTF 結著劑粉末之凝膠狀態。

Fig. 6. Gel state of milk with addition of various amount of TGTF binding agent powder.

表 5 為牛乳添加 0.5%、1.0%、1.5% 及 2.0% 之 TGTF 結著劑對質地剖面分析之影響。結果顯示，硬度、彈性及膠黏性方面會隨 TGTF 結著劑之添加而有逐漸增加的現象 ($P < 0.01$)。對內聚性及附著度則無顯著之影響。顯示 TGTF 結著劑催化之反應可能有利於食品蛋白質凝膠特性的提升。Færgemand *et al.* (1998) 指出，添加 TGase 於低脂的優酪乳時，可減少非脂固形物於優酪乳中的使用，而且不影響其口感。Lauber *et al.* (2000) 利用 TGase 促使酪蛋白形成共價聯結，並進一步製作優格，指出少量之酪蛋白寡聚合 (oligomerization) 作用即可增加優格的破斷強度，進而提高乳製品的功能特性。

表 5. 不同百分比 TGTF 結著劑粉末對牛乳質地剖面分析之影響

Table 5. Effect of various percentage of the TGTF binding agent powder on the texture profile analysis of milk

Item	Groups				SEM
	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	
Hardness	8.92 ^d	16.31 ^c	18.35 ^b	23.19 ^a	0.25
Springiness	1.08 ^d	2.00 ^c	2.32 ^b	2.89 ^a	0.17
Adhesiveness	0.56	0.57	0.62	0.62	0.06
Cohesive	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04
Gumminess	8.20 ^d	9.40 ^c	11.55 ^b	14.55 ^a	0.25

a, b, c, d Means within the same row without the same superscript are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: standard error of means.

結 論

以最適化條件之 TGTF 結著劑誘導蛋白、蛋黃及牛乳產生凝膠，可以改善膠體之凝膠強度、硬度、彈性、內聚性及膠黏性。而於蛋白、蛋黃及牛乳中添加不同比例之 TGTF 結著劑粉末，其膠體凝結時間會呈現逐漸下降的趨勢，凝膠強度則會隨著 TGTF 凝結劑添加量的增加而有逐漸上升的趨勢。於質地剖面分析方面，硬度、彈性、內聚性及膠黏性皆隨 TGTF 結著劑增加而有顯著增加的趨勢。結果顯示此 TGTF 結著劑應用於蛋白、蛋黃及牛乳上，具有增加試樣凝膠強度及改善產品質地性狀。

參考文獻

- 曾再富、郭明儒、郭秀蘭、陳文賢。2015。反應曲面法探討豬血漿麩醯基轉移酶與凝血酶及血纖維蛋白原製備結著劑最適條件。中畜會誌 44：63-74。
- 蔡聰敏。2004。豬血漿麩醯基轉移酶配合凝血酶和血纖維蛋白原製備粘著劑及其對重組肉品質影響之研究。碩士論文。國立嘉義大學。嘉義。臺灣。

- 張勝善。1985。牛乳與乳製品。長河出版社。pp. 28, 296。
- 張勝善。1999。蛋品加工學。華香園出版社。pp. 256, 301-314。
- Aboumahmoud, R. and P. Savello. 1989. Cross-linking of whey protein by transglutaminase. *J. Dairy Sci.* 73: 256-263.
- Cohen, I., L. Young-Bandala, T. A. Blankenberg, G. E. Siefring, Jr. and Bruner-Lorand, J. 1979. Fibrinolytic-catalyzed cross-linking of myosin from platelet and skeletal muscle. *Archives Biochem. Biophys.* 192: 100-111.
- De Backer-Royer, C., F. Traore and J. C. Meunier. 1992. Polymerization of meat and soybean proteins by human placental calcium-activated Factor XIII. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2052-2056.
- Færgemand, M., B. S. Murray and E. Dickinson. 1997. Cross-linking of milk protein with transglutaminase at the oil-water interface. *J. Agric. Food Chem.* 45: 2514-2519.
- Færgemand, M., J. Otte and K. B. Qvist. 1998. Emulsifying properties of milk proteins cross-linked with microbial transglutaminase. *Int. Dairy J.* 8: 715-723.
- Færgemand, M., B. S. Murray, E. Dickinson and K. B. Qvist. 1999. Cross-linking of adsorbed casein films with transglutaminase. *Int. Dairy J.* 9: 343-346.
- Handa, A., K. Takahashi, N. Kuroda and G. W. Froning. 1998. Heat-induced egg white gels as affected by pH. *J. Food Sci.* 63: 403-407.
- Ikura, K., T. Kometani, R. Sasaki and H. Chiba. 1980a. Fibrinogen. *IJBCB.* 31: 741-746.
- Ikura, K., M. Yoshikawa, R. Sasaki and H. Chiba. 1981. Incorporation of amino acids into food protein by transglutaminase. *Agric. Biol. Chem.* 44: 2587-2590.
- Jiang, S. T., A. Z. Leu and G. J. Tsai. 1998. Cross-linking of mackerel surimi by microbial transglutaminase and ultraviolet irradiation. *J. Agric. Food Chem.* 46: 5278-5282.
- Kahn, D. R. and I. Cohan. 1981. Factor XIIIa-catalyzed reactions by calmodulin. *Biochim. Biophys. Acta* 668: 490-494.
- Koseki, T., N. Kitabatake and E. Doi. 1989. Irreversible thermal de-naturation and formation of linear aggregates of ovalbumin. *Food Hydrocolloid* 3 (2): 123-134.
- 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: 488-490, 515.
- Kurth, L. and P. J. Rogers. 1984. Transglutaminase catalyzed cross-linking of myosin to soya protein, casein and gluten. *J. Food Sci.* 49: 573-576, 589.
- Laubert, S., T. Henle and H. Klostermeyer. 2000. Relationship between the crosslinking of caseins by transglutaminase and gel strength of yoghurt. *Eur. Food Technol.* 210: 305-309.
- Margoshes, B. A. 1990. Correlation of protein sulfhydryls with the strength of heat-formed egg white gels. *J. Food Sci.* 55: 1753-1756.
- Motoki, M. and K. Seguro. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends Food Sci. Tech.* 9: 204-210.
- Nonaka, M., H. Sakamoto, S. Toiguchi, H. Kawajiri, T. Soeda and M. Motoki. 1992. Sodium caseinate and skim milk gels formed by incubation with microbial transglutaminase. *J. Food Sci.* 57: 1214-1241.
- Sakamoto, H. Y. Kumazawa and M. Motoki. 1994. Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. *J. Food Sci.* 59: 866-871.
- SAS. 1996. SAS User's Guide: Statistics. Cary, NC. SAS Institute.
- Seguro, K., Y. Kumazawa, T. Ohtsuka, S. Toiguchi and M. Motoki. 1995. Microbial transglutaminase and ϵ -(γ -glutamyl) lysine crosslink effect on elastic properties of Kamaboko gel. *J. Food Sci.* 60: 305-311.
- Traore, F. and J. C. Meunier. 1991. Cross-linking of caseins by human placental Factor XIIIa. *J. Agric. Food Chem.* 40: 399-402.
- Traore, F. and J. C. Meunier. 1992. Cross-linking activity of placental FXIIIa on whey proteins and caseins. *J. Agric. Food Chem.* 40: 399-402.
- 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.
- Tsukamasa, Y., K. Sato, Y. Shimizu, C. Imai, M. Sugiyama, Y. Minegishi and M. Kawabata. 1993. ϵ -(γ -glutamyl) lysine crosslink formation in sardine myofibril sol during setting at 25°C. *J. Food Chem. Sci.* 58: 785-787.

Effects of binder of porcine plasma transglutaminase with thrombin and fibrinogen on gel properties in animal products ⁽¹⁾

Received: Jul. 14, 2015; Accepted: Mar. 28, 2016

Ming-Ru Kuo ⁽²⁾ Tsai-Fuh Tseng ⁽²⁾ Wen-Shyan Chen ⁽³⁾⁽⁵⁾ and Chia-Hsuan Chen ⁽⁴⁾

Abstract

The purpose of this experiment was conducted to investigate the optimized meat binder (TGase with thrombin and fibrinogen binding agent; TGTF binder) from pig blood transglutaminase (TGase) matched up thrombin and fibrinogen on the physical properties changes of egg white, yolk and milk. Different percentage of TGTF binder powder including 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% were added to egg white, yolk and milk. Clotting time of gel, gel strength and textual profile analysis (hardness, springiness, cohesiveness, adhesiveness and gumminess) were measured. Results showed that with the addition of TGTF increases, colloid coagulation time have shown a decrease ($P < 0.01$), which has the shortest colloid coagulation of milk coagulation time and the yolk is the longest setting time and gel strength has gradually upward trend ($P < 0.01$). In the aspect of textual profile analysis, added TGTF binder could enhance the protein and egg yolk colloid hardness, elasticity, cohesiveness and gumminess ($P < 0.01$) and also could enhance the milk of hardness, elasticity and plastic viscosity ($P < 0.01$).

Key words: Porcine blood transglutaminase, Thrombin, Fibrinogen, Egg white, Yolk, Milk.

(1) Contribution No. 2383 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Department of Animal Science, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan.

(3) Animal Products Processing Division, Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Tainan, Taiwan.

(4) Genetic and Breeding Division, Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Tainan, Taiwan.

(5) Corresponding author, E-mail: wschen@mail.tlri.gov.tw.