

白米在貯藏期間理化性狀變化之研究¹

許愛娜²

摘 要

以六個不同水稻品種的白米為試驗材料，利用室溫及15°C兩種溫度處理，探討兩年貯藏期間之米質理化性狀表現，發現不同期作、包裝形式、貯藏溫度、貯藏時期與品種皆顯著影響米質理化性狀，但其中以降低貯藏溫度最有效延緩劣變，且澱粉特質相近之品種其表現較為類似。理化性狀中差異較明顯之變化是pH值與凝膠展延性，其隨貯藏時期增加皆有下降趨勢，其迴歸方程式之表現亦會因期作或貯藏條件之不同而改變，故在進行白米樣品新鮮程度比較時，pH值在兩個期作皆可作為主要判別性狀，凝膠展延性可作為輔助判別性狀，但是在第二期作室溫貯藏的條件下，兩種性狀皆限於相同澱粉性質之品種內進行比較為宜。

關鍵字：白米、貯藏、pH值、凝膠展延性、迴歸方程式。

前 言

水稻為國人主食，近年來由於生活與知識水準提高，食米品質與衛生安全特別受到重視，如何讓消費者享用新鮮優質的食米是為重要課題⁽¹⁾。加工後的食米多以白米形式保存在購物通路或消費者手中，小包裝形式有傳統舊式塑膠袋包裝或較新式的真空包裝，但可能僅有少數民眾會重視品質而進行冷藏保存，多數民眾皆放置於室溫下，當貯藏時間過長或貯藏條件不佳，在地處高溫多濕的臺灣，就容易造成原料米理化特性與米飯品質的劣化^(2,17)。

Moritaka and Yasumatsu⁽¹⁹⁾曾提出米粒老化的機制，認為米粒貯藏後，脂肪經水解形成游離脂肪酸(free fatty acids)，並與直鏈澱粉(amylose)結合形成複合物，會抑制澱粉顆粒的膨脹，使得米飯變硬。另一方面，脂肪或游離脂肪酸經氧化後產生氫過氧化物(hydroperoxides)及羰基化合物(carbonyl compounds)，上述兩種物質可促進蛋白質氧化，使得蛋白質中之-SH基相互作用產生S-S基的雙硫鍵，影響到米粒外貌降低揮發性硫化物的含量，又會抑制澱粉顆粒的膨脹，影響米飯的香味與質地。此外澱粉顆粒中之微束鍵結(micelle binding)會加強，米粒會變得較硬⁽¹⁹⁾。

事實上稻米在貯藏過程中所產生之衰變是很複雜的過程，其中包括穀粒內物理及化學特性的各種變化。白米主要構成成份為碳水化合物、蛋白質、脂質等，在貯藏過程中，含量最

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0760號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場研究員。

多的澱粉其雖穩定但分子特性會發生改變，例如還原醣增加、非還原醣減少、游離酚酸改變等。次多的蛋白質總含量穩定，但可萃取蛋白質減少，又因蛋白質產生氧化現象，造成硫醇含量減少、大分子多肽鏈增加、游離胺基酸含量增加，導致酵素活性發生改變。量最少的脂肪在貯藏時容易氧化分解，造成游離脂肪酸含量增加，而脂肪酸再過氧化形成具羰基的醛、酮化合物，造成抗氧化物質的減少，這些化學變化皆會導致米質理化性狀的改變^(1,10,11,18,19,22)。

臺灣稻米生產一年有兩個期作，收穫後稻米貯藏期間之溫度變化正好相反，一期作稻米是由熱轉冷，二期作稻米則由冷轉熱，先天之貯藏環境條件不同。其次，雖然真空包裝可去除包裝內的空氣，對微生物、酵素、化學反應有減緩之效果，在許多食品加工包裝上常被應用^(2,15)，但消費者在市面購買真空包裝白米後不一定會加以冷藏。除了期作與包裝形式外，水稻品種間隨著貯藏時期之劣變情形也不盡相同，同時降低貯藏環境的溫度亦確實有助於延緩劣變^(5,7,9,14,19,21,22)。

由於臺灣地處亞熱帶，食米販售形式大部分為白米，實有必要對於白米貯藏期間米質理化性狀之變化進行探討。本試驗採用目前栽培面積較廣但分屬於不同澱粉性質的水稻品種，除探討兩個期作收穫之白米在兩年內不同貯藏期間之理化性質變化外，並針對包裝形式及貯藏溫度之影響進行研究，期盼找出適合判別白米新鮮程度的理化性狀。

材料與方法

(一)試驗材料：

1. 糯稻：臺中秈糯1號(Taichung sen glutinous 1, TCSW1)、臺稞糯5號(Taikeng glutinous 5, TKW5)。
2. 稞稻：臺稞8號(Taikeng 8, TK8)、臺稞9號(Taikeng 9, TK9)。
3. 秈稻：臺中秈10號(Taichung sen 10, TCS10)(軟秈)、臺中秈17號(Taichung sen 17, TCS17)(硬秈)。

(二)試驗方法：

1. 田間設計：採逢機完全區集設計，兩重複，小區面積為400 m²。
2. 貯藏處理：第一期作與第二期作收穫的稻穀材料調製成含水量13%左右，碾製成白米分別貯藏於室溫(室內大氣溫度、濕度與自然光度)及15±1℃低溫(低溫貯藏櫃，濕度75%，未打開門時內部保持黑暗)。再配合真空與非真空兩種包裝形式，總共有真空室溫、真空低溫、非真空室溫、非真空低溫等四種處理方式。
3. 取樣方法：由剛收穫最新鮮之貯藏始期(0個月)開始，每隔兩個月取樣白米一次，調查有關之米質理化性狀，總計兩年期間共13次。
4. 調查項目：
 - (1) 白米外觀：不同貯藏時期取樣的稻穀之完整白米外觀品質，以Milling meter (Satake Corporation, Japan)測定白米的白度值，另以肉眼判定白米透明度等級⁽⁶⁾。

- (2)理化性狀：各時期取樣的稻穀碾製成白米，篩選出完整米，取0.1 g粉末依據Cagampang *et al.*⁽¹⁶⁾之方法，測定凝膠展流長度。
- (3)米粒溶液之pH值：將5 g完整米加入brom thymol blue (BTB)、methyl red (MR)法所配置之標準溶液中⁽¹²⁾，振盪後再以pH meter測定。
- (4)統計分析方法：將上述各調查性狀進行綜合變方分析⁽⁸⁾，其中白米外觀之透明度須先經過常態分數(normal score)轉換後，才進行統計分析。並將13次調查性狀，選擇性的進行一次迴歸方程式之建立。
- (5)試驗年期：1998年第一期作及1998年第二期作。
- (6)試驗地點：彰化縣大村鄉本場。

結果與討論

稻米在貯藏過程中會有酸性物質的增加，例如游離脂肪酸、游離胺基酸、游離酚酸、磷酸鹽、有機酸等，此現象可能與稻米內脂肪氧化與過氧化反應，以及碳水化合物的代謝如呼吸作用有關^(3,4,11)，上述分子可溶出而造成種子水浸液的pH值下降，此種酸度增加現象已被應用於稻米“新鮮度”的檢驗^(3,11)，並已建立一簡易、方便及快速的稻米pH值檢定方法^(3,12,13,20)，可作為稻米新鮮度的判別依據，且已廣泛為應用於稻米新鮮程度之檢驗。

由於在進行稻穀樣品整體新鮮程度比較時，pH值與凝膠展延性被認為是主要依據之判別性狀，米粒透明度可作為輔助之判別性狀⁽¹⁴⁾，故在本研究以白米為試驗材料時，仍以調查上述三項性狀為主，另加上與白米外觀有關之白度，其為儀器測定值，總共四項。由白米貯藏期間理化性狀變方分析結果(表一)，可知不同期作、包裝形式、貯藏溫度、貯藏時期、品種等五項因子間，其中除了透明度在不同包裝形式間其差異表現不顯著外，其餘性狀在各單一因子皆有顯著或極顯著之差異存在。再由不同因子間19項之交感作用，得知pH值全部達到極顯著水準，凝膠展延性有11項達到極顯著水準，白度有9項達到顯著或極顯著水準，透明度有14項達到顯著或極顯著水準。顯示各理化性狀並無法以單一個因子作為解釋，若需詳細探究時，應進行各項因子組合後的探討。

一、白米貯藏期間理化性狀之變化

1.綜合比較

總合兩個期作整體平均值可知第二期作較第一期作有較高的pH值、較軟的膠體、較低的白度與較佳的透明度(表二)，似乎表現出較佳的品質。其次真空包裝較非真空包裝有稍高的pH值、稍軟的膠體、稍高的白度與相同的透明度，只表現出稍好的品質。低溫貯藏較室溫貯藏有較高的pH值、較軟的膠體、較高的白度與較佳的透明度，品質明顯較佳，其中pH值與凝膠展延性之表現是四個調查項目中差異較大者。至於白度與透明度雖有明顯差異但差距較小，且白度變化和兩個期作品質較好者之變化剛好相反，又透明度為肉眼觀察的性狀，除非兩者差異到0.5級甚至1級以上，否則不易分辨。

總和兩個期作資料在不同品種間，pH值之差異範圍在6.44~6.61之間(表二)，以兩個低直鏈澱粉含量的粳稻品種－臺粳9號、臺粳8號較低，依序分別為6.44與6.49，其他四個品種表現接近，在6.59~6.61之間，有低直鏈澱粉含量與非低直鏈澱粉含量品種之分。凝膠展延性以糯米最高，臺中秈糯1號與臺粳糯5號分別為78.1 mm與79.5 mm，表現相同的兩個粳稻次之，臺粳8號與臺粳9號依序為61.3 mm與61.5 mm，秈稻較低，臺中秈10號與臺中秈17號分別為53.8 mm與21.9 mm，在不同米質品種之膠體軟硬表現明顯不同。白度除了米粒本身之色澤外，尚受到白堊質之影響，以兩個糯米最高，分別為50.0與53.7，心腹白多的臺中秈17號次之，為45.1，三個表現接近的低直鏈澱粉含量品種較低，介於41.4~41.8之間。透明度則以臺中秈17號最差，為4.9，接近5，臺中秈10號次之，兩個相同表現的粳稻最佳，都接近4。

表一、白米貯藏期間各項因子對於米質理化性狀之變方分析

Table 1. ANOVA for the physicochemical properties of rice grain during storage of milled rice

Source	df	pH	Gel consistency	Whiteness	Translucency
Crop (C)	1	20.83** ¹	18848.16**	639.28**	15.2118**
Packing method (P)	1	0.91**	18.51*	7.97*	0.0364
Temperature (T)	1	80.77**	19840.21**	238.43**	9.6277**
Storage time (M)	12	13.49**	1494.91**	35.00**	3.5849**
Variety (V)	5	0.98**	91422.98**	5464.84**	49.2840**
Rep (Crop)	2	0.02	1.14	1.89	0.0027
C × P	1	0.49**	46.15**	4.25	0.2191**
C × T	1	7.26**	2.17	5.49	2.9450**
C × M	12	0.69**	279.48**	3.70*	1.3896**
C × V	5	1.33**	857.81**	75.20**	0.4041**
P × T	1	0.30**	69.26**	8.36*	0.0003
P × M	12	0.05**	3.75	2.39	0.1464**
P × V	5	0.09**	5.96	9.10**	0.0524
T × M	12	0.85**	292.36**	12.17**	0.5268**
T × V	5	0.37**	570.96**	54.27**	1.1277**
M × V	60	0.02**	63.98**	7.35**	0.2247**
C × P × T	1	0.48**	0.08	1.04	0.1878*
C × P × M	12	0.05**	6.01	2.10	0.0713*
C × P × V	5	0.08**	13.54**	4.26	0.0396
C × T × M	12	0.12**	21.38**	1.39	0.3623**
C × T × V	5	0.26**	145.14**	7.35**	0.3905**
P × T × M	12	0.03**	1.21	2.08	0.0739*
P × T × V	5	0.10**	3.87	2.33	0.0195
T × M × V	60	0.02**	14.88**	2.90**	0.0806**
P × T × M × V	120	0.01**	1.817	2.20	0.0357

¹**, *Significant at 0.01 and 0.05 levels of probability, respectively.

表二、白米貯藏期間理化性質之變化

Table 2. Changes in the physicochemical traits of milled rice grain during storage.

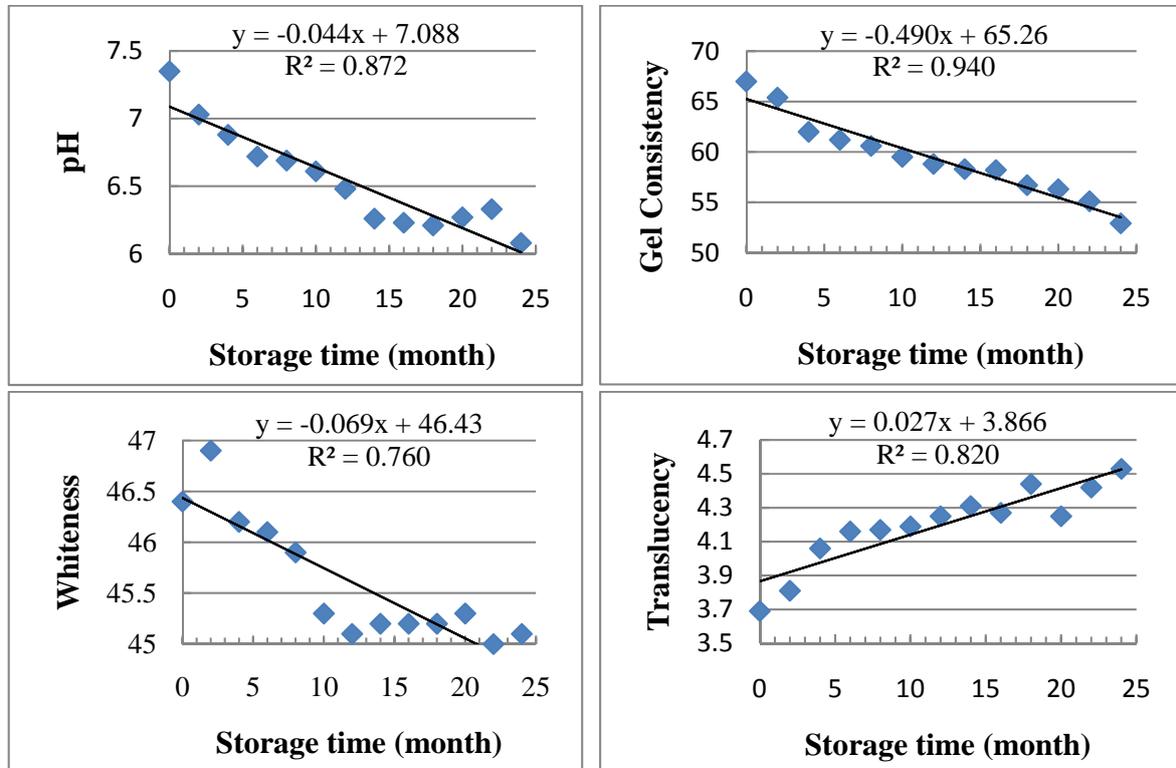
Treatment	pH	Gel consistency (mm)	Whiteness	Translucency
First crop	6.42b ¹	55.5b	46.3a	4.33a
Second crop	6.68a	63.3a	44.9b	4.06b
Vacuum package	6.58a	59.5a	45.7a	4.20a
Non-vacuum package	6.52b	59.3b	45.5b	4.19a
Room temperature	6.30b	55.4b	45.2b	4.31a
Cold temperature	6.81a	63.4a	46.1a	4.09b
TCSW1	6.59b	78.1b	50.0b	-
TKW5	6.60ab	79.5a	53.7a	-
TK8	6.49c	61.3c	41.4e	3.91c
TK9	6.44d	61.5c	41.8d	3.93c
TCS10	6.61a	53.8d	41.7d	4.03b
TCS17	6.59b	21.9e	45.1c	4.92a

¹Values within the same column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

總合兩個期作不同貯藏期間取樣分析之迴歸分析結果(圖一)，顯示pH值、凝膠展延性與白度等三項皆有隨貯藏時間增加而下降的趨勢，但透明度呈相反態勢。迴歸方程式之決定係數以凝膠展延性最高、pH值次之，分別為0.94與0.872，白度與透明度較低，依序為0.76與0.82，故初步認為凝膠展延性與pH值是隨著貯藏時期增加，其變異較具規則性且變化差異性較明顯。

2.期作比較

將兩個期作個別分開比較(表三)，顯示無論由不同包裝形式或兩個貯藏溫度相較而言，第二期作確實有較高的pH值與凝膠展延性、較低的白度、較佳的透明度，皆明確說明第二期作呈現較好的品質。不同品種間的變化，第二期作的pH值與凝膠展延性皆普遍較第一期作為高，特別是pH值在兩個期作的表現並不一致，第一期作以兩個秈稻較高，兩個糯稻再次之，臺梗8號又高於臺梗9號，品種變化範圍為6.19~6.55；第二期作則以兩個秈稻最低，其餘四個品種表現得較為接近，品種變化範圍較小為6.65~6.70，顯示不同期作間不同品種pH值之變動並無一致性，需視當時送檢樣品經過測試而定。凝膠展延性之表現則較穩定，兩個期作皆符合糯稻 > 低直鏈澱粉含量品種 > 高直鏈澱粉含量品種的原則。白度在兩個期作都以臺梗5號最高，臺中秈糯1號次之，臺中秈17號再次之，剩餘三個低直鏈澱粉含量品種最低，其中第一期作以臺梗9號白度最高，第二期作則為臺中秈10號最高。兩個期作之透明度皆以臺中秈17號最差，其次為臺中秈10號，臺梗8號與臺梗9號表現較佳。



圖一、總合兩個期作白米貯藏期間理化性質變化之迴歸分析。

Fig. 1. Regression analysis of the physicochemical traits of milled rice grain during storage.

第一期作不同貯藏期間取樣分析之迴歸分析結果(圖二)，和總合結果變化趨勢相同，但卻只有pH值迴歸方程式的決定係數達到0.824，其他三個性狀之決定係數皆未超過0.66，似乎說明三個性狀之迴歸方程式無法代表其不同貯藏期間的連續變化。第二期作不同貯藏期間取樣分析之迴歸分析結果(圖三)，和總和結果變化趨勢仍然相同，除了透明度迴歸方程式的決定係數低到0.519外，其他三個性狀皆高於0.8，凝膠展延性甚至高達0.980，其中兩個期作決定係數表現皆高的只有pH值一項，凝膠展延性與白度只有在第二期作表現得較高，但以前者之變易範圍較大，再加上總合兩個期作之迴歸分析中，凝膠展延性之決定係數遠高於白度，故將pH值與凝膠展延性兩項以期作、包裝形式、貯藏溫度、貯藏時期、品種等五個因子完全組合後進行更詳盡的探討。

表三、第一期作與第二期作分別在貯藏期間白米理化性質與米粒外觀之變化

Table 3. Changes in the physicochemical traits of milled rice grain for the first and the second crop seasons separately during storage

Crop	Treatment	pH	Gel consistency (mm)	Whiteness	Translucency
1st	Vacuum package	6.47a ¹	55.4a	46.4a	4.35a
	Non-vacuum package	6.38b	55.6a	46.3a	4.31b
	Room temperature	6.09b	51.5b	46.0b	4.50a
	Cold temperature	6.75a	59.4a	46.7a	4.17b
	TCSW1	6.49c	72.6b	51.5b	-
	TKW5	6.50c	74.0a	54.7a	-
	TK8	6.28d	57.3c	41.8e	4.03c
	TK9	6.19e	56.5d	43.0d	4.09c
	TCS10	6.55a	51.0e	41.8e	4.21b
	TCS17	6.52b	21.6f	45.2c	5.00a
	Vacuum package	6.69a	63.6a	45.0a	4.05b
	Non-vacuum package	6.67b	63.0b	44.8b	4.07a
	Room temperature	6.50b	59.2b	44.4b	4.11a
	Cold temperature	6.86a	67.3a	45.4a	4.01b
2nd	TCSW1	6.68b	83.7b	48.5b	-
	TKW5	6.70a	85.0a	52.6a	-
	TK8	6.70a	65.4d	41.0e	3.78c
	TK9	6.69ab	66.5c	40.7e	3.77d
	TCS10	6.66c	56.7e	41.6d	3.86b
	TCS17	6.65d	22.2f	45.0c	4.85a

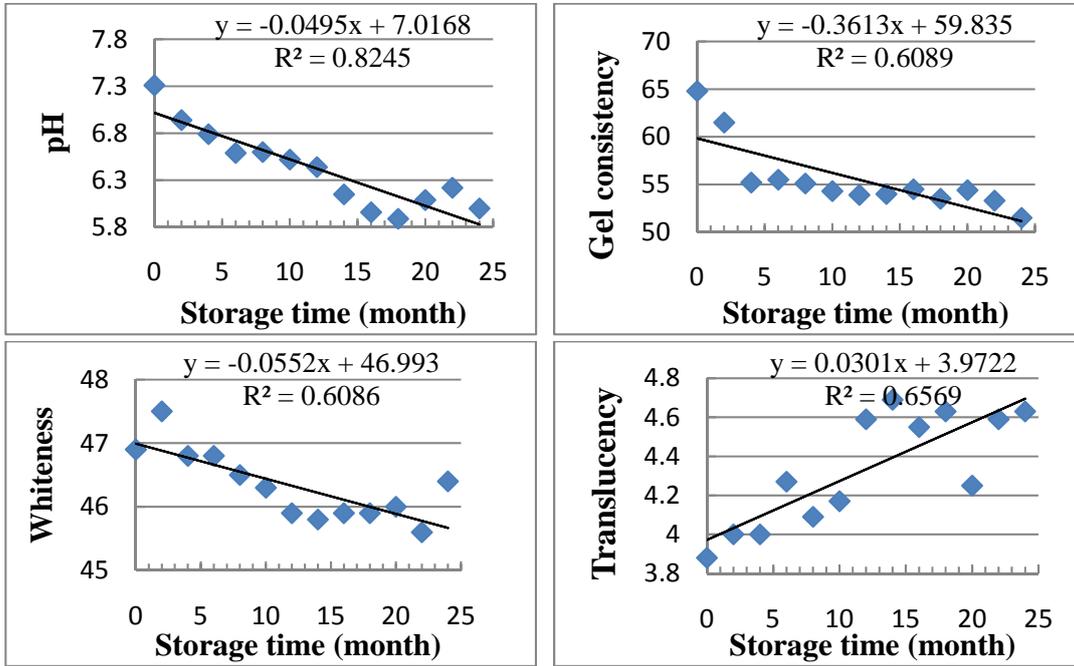
¹Values within the same column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$).

二、不同水稻品種之白米在不同貯藏條件下之變化

1. pH值(第一期作)

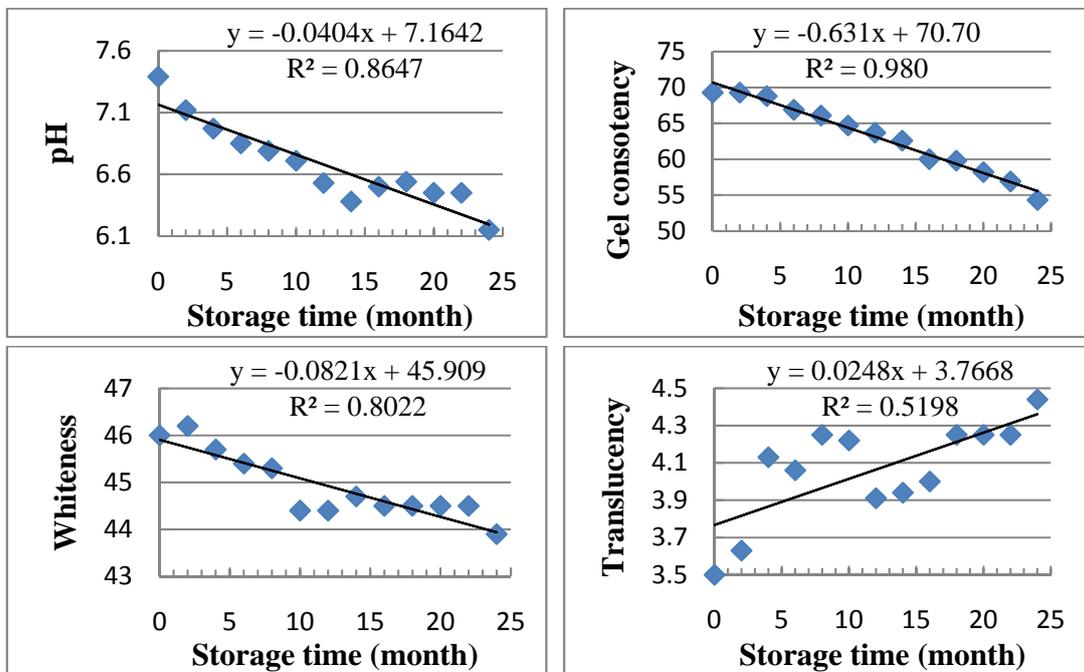
第一期作不同品種白米貯藏期間在真空室溫下個別品種pH值變化之迴歸分析(圖四)，六個迴歸方程式之決定係數皆不高，介於0.621~0.766之間，以兩個秈稻品種最低。由不同品種迴歸方程式發現可分為三群，兩個秈稻品種幾乎相同，兩個粳稻品種相類似，兩個糯稻較接近秈稻。

同樣為真空，貯藏溫度降低，第一期作不同品種白米貯藏期間在真空低溫下個別品種pH值變化之迴歸分析(圖五)，除臺粳8號之0.626仍低外，其餘五個迴歸方程式之決定係數



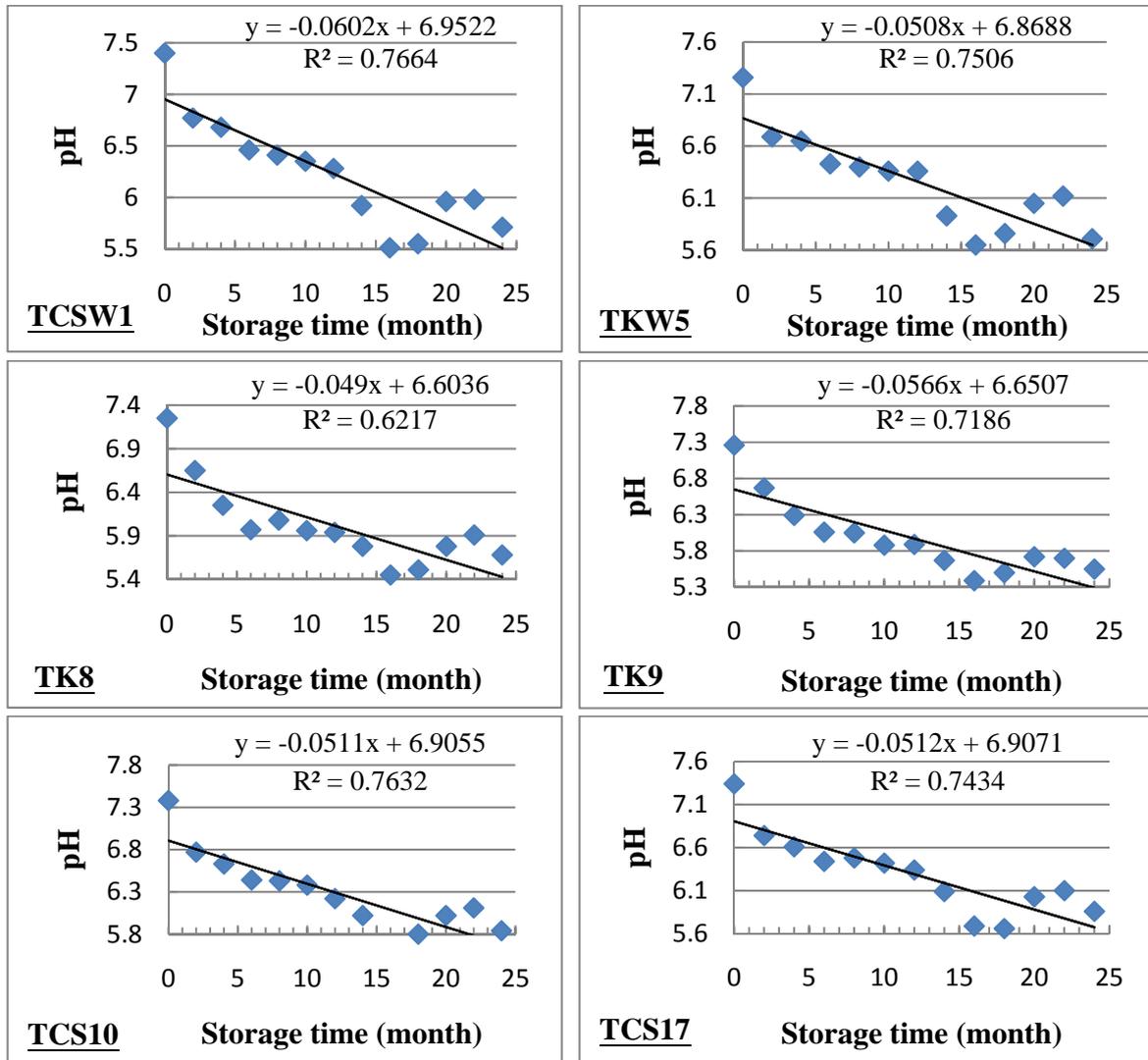
圖二、第一期作白米貯藏期間理化性質變化之迴歸分析。

Fig. 2. Regression analysis of the physicochemical traits of milled rice grain during storage for the first crop season.



圖三、第二期作白米貯藏期間理化性質變化之迴歸分析。

Fig. 3. Regression analysis of the physicochemical traits of milled rice grain during storage for the second crop season.

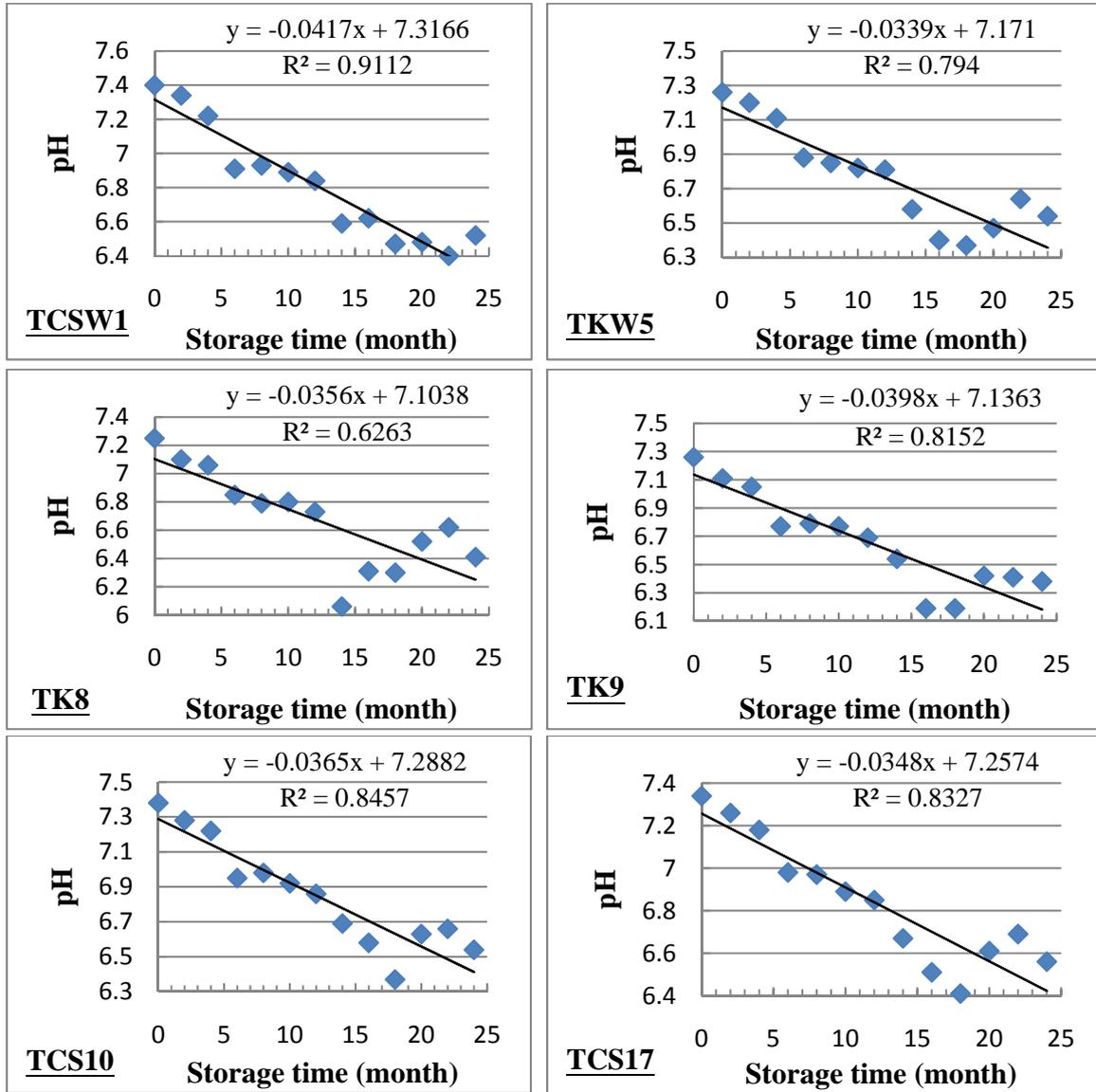


圖四、第一期作不同品種白米在真空室溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 4. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under vacuum and room temperature condition for the first crop season.

皆較室溫提高，介於0.794~0.911之間，此外常數項亦提高，表示低溫處理之pH值普遍高於室溫處理。由不同品種迴歸方程式可發現，兩個粳稻品種相類似，兩個秈稻品種較接近，秈糯較接近臺中秈10號，粳糯較接近粳稻。

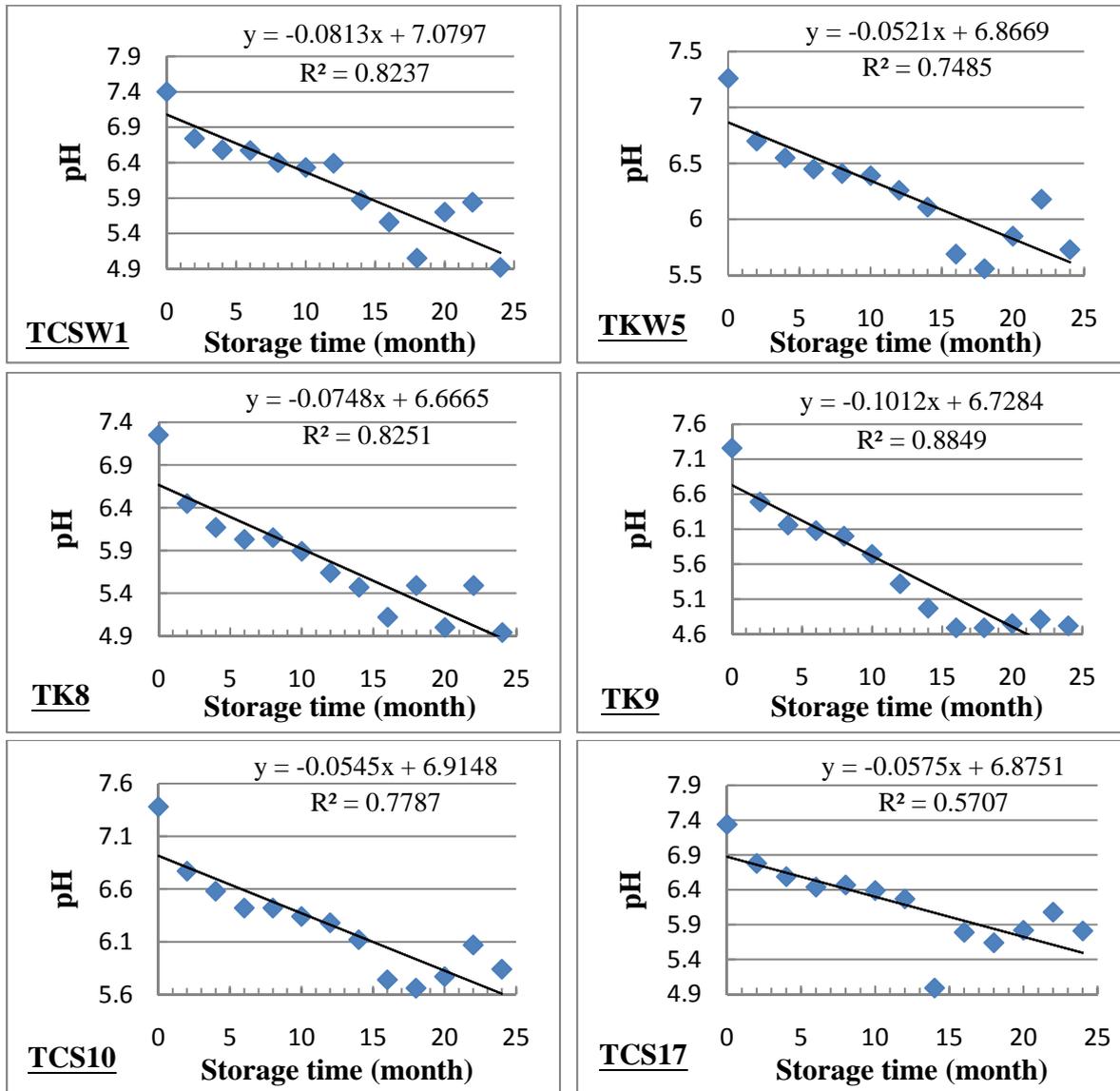
改為非真空室溫貯藏，第一期作不同品種白米貯藏期間個別品種pH值變化之迴歸分析(圖六)，除臺中秈17號之0.57偏低外，其餘五個迴歸方程式之決定係數亦多不高，介於0.748~0.884之間，以臺粳9號最高，但都高於真空室溫的表現。由不同品種迴歸方程式可發現，兩個粳稻品種較接近，兩個秈稻品種較接近，粳糯較接近臺中秈17號，秈糯較接近臺中秈10號。



圖五、第一期作不同品種白米在真空低溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 5. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under vacuum and cold temperature condition for the first crop season.

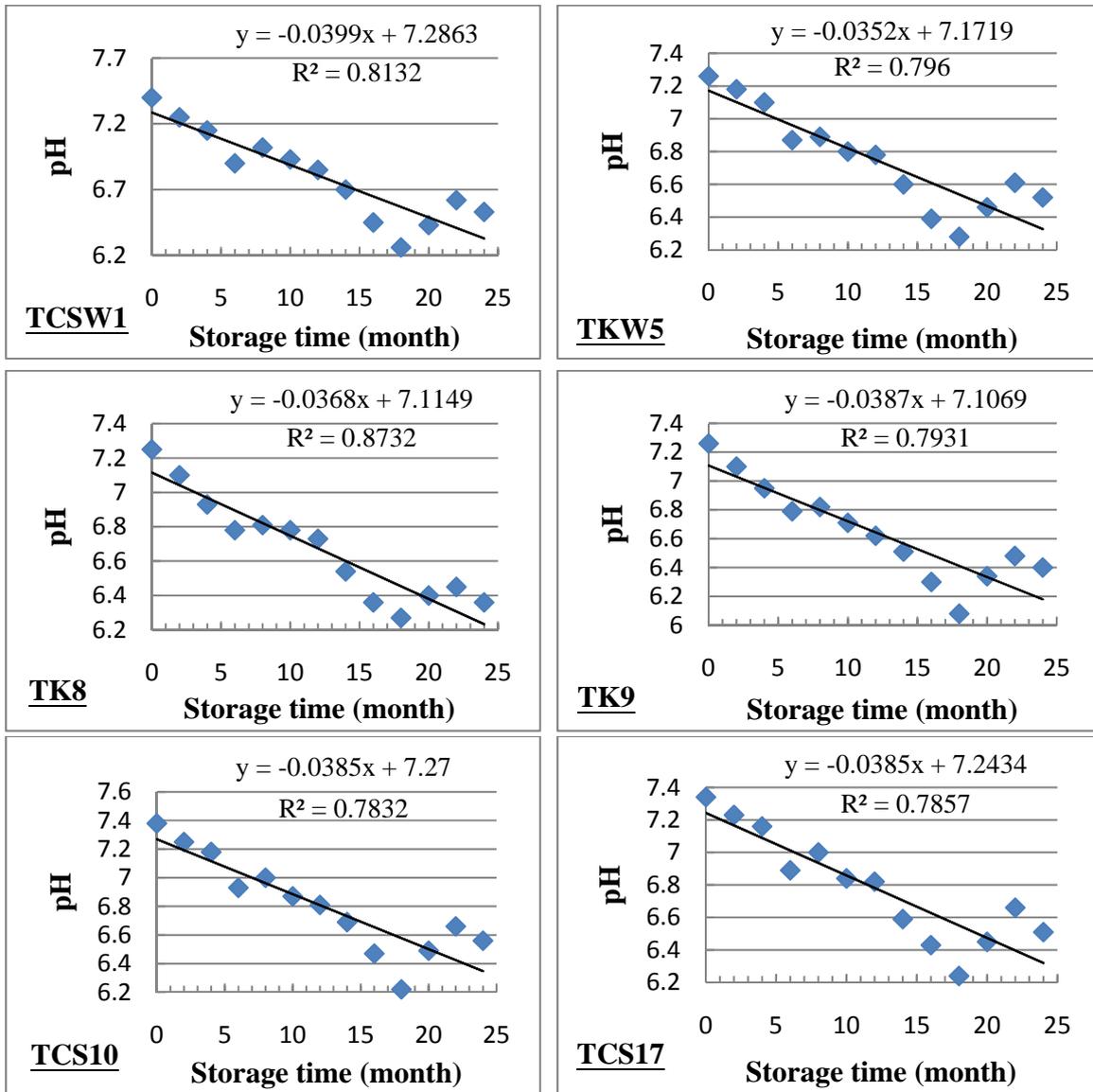
非真空貯藏再降低貯藏溫度，第一期作不同品種白米貯藏期間個別品種pH值變化之迴歸分析(圖七)，除臺梗8號之0.873較高外，其餘五個迴歸方程式之決定係數皆不高，介於0.783~0.813之間，但多低於真空低溫下之表現，常數項亦多以真空低溫貯藏稍高。由不同品種迴歸方程式可發現，兩個梗稻品種依然較接近，兩個秈稻品種較接近，梗糯較接近梗稻，秈糯較接近臺中秈10號。



圖六、第一期作不同品種白米在非真空室溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 6. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and room temperature condition for the first crop season.

由第一期作四種不同貯藏條件下 pH 值變化之迴歸方程式，似乎顯示有四群之變化，即粳稻、秈稻各自成群，秈糯與秈糯亦隨貯藏條件不同會各有表現。又降低貯藏溫度後，迴歸方程式中之常數項普遍提高，部份決定係數亦提高，顯現低溫延緩品質劣變的顯著效果。至於真空與非真空同樣溫度處理之迴歸方程式常數變化，室溫下多以非真空稍高，低溫下多以真空稍高，故真空處理之效果不如低溫明顯，但也說明若組合情況時，以室溫貯藏非真空處理、低溫貯藏真空處理較能保鮮。



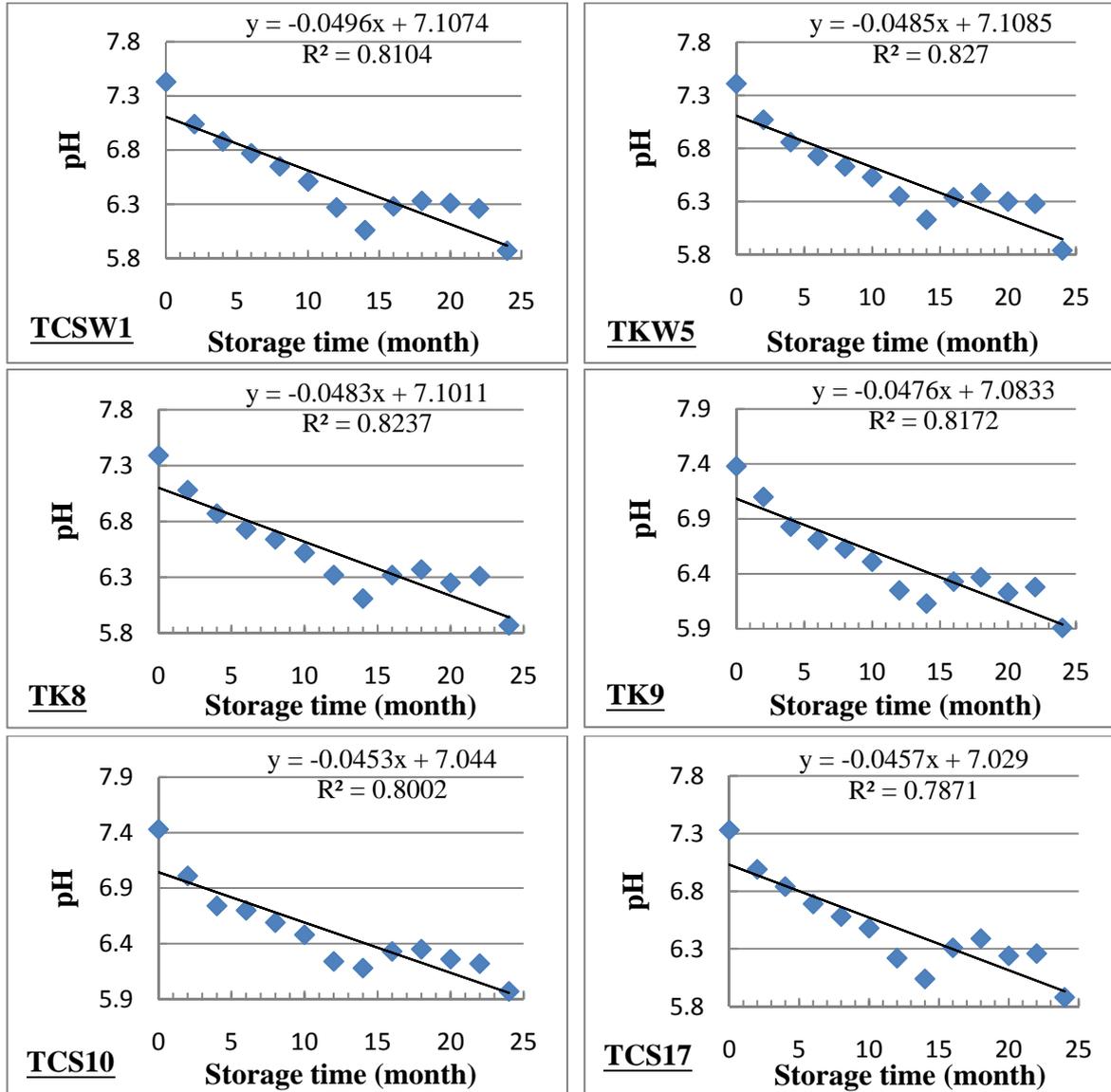
圖七、第一期作不同品種白米在非真空低溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 7. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and cold temperature condition for the first crop season.

由兩年貯藏期間第一期作收穫不同品種白米各種貯藏條件之 pH 值迴歸方程式，可推估不同貯藏時期之 pH 值，但皆會有低估起始點即 0 個月 pH 值的現象，其中室溫處理特別明顯，可能原因為新鮮白米在第一期作貯藏初期正值高溫，劣變迅速，特別是室溫貯藏 2 個月後，pH 值會快速下降所造成的結果。故將來以迴歸方程式評估送檢樣品之貯藏初期 pH 值時，應視送檢樣品之貯藏條件分別探討，但最初 2 個月宜以低溫之迴歸方程式進行測估。

2. pH值(第二期作)

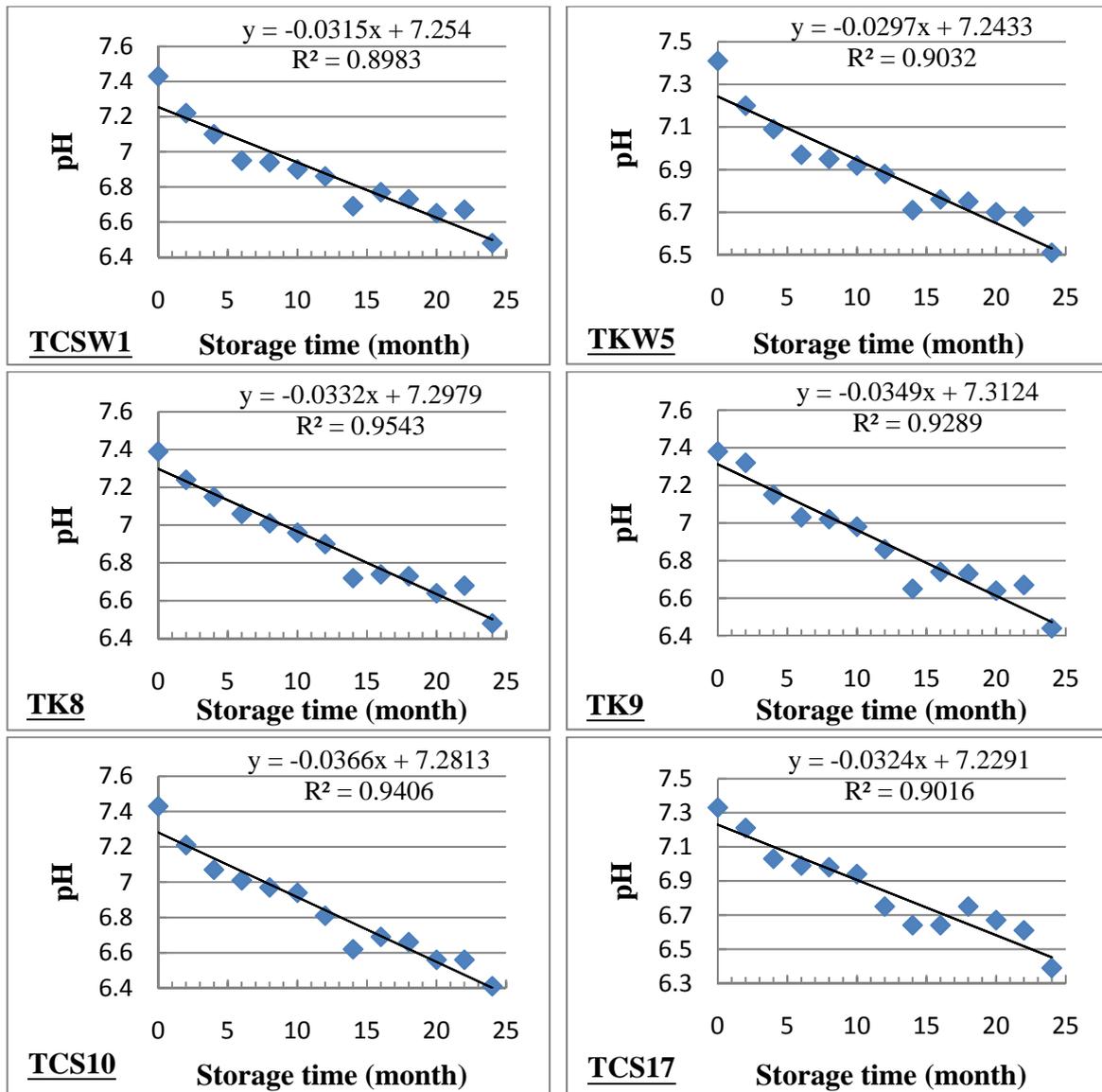
第二期作不同品種白米貯藏期間在真空室溫下個別品種pH值變化之迴歸分析(圖八)，六個迴歸方程式之決定係數皆接近0.8，介於0.787~0.827之間。由不同品種迴歸方程式發現，兩個粳稻品種較接近，兩個秈稻品種較接近，兩個糯稻相類似接近粳稻。



圖八、第二期作不同品種白米在真空室溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 8. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under vacuum and room temperature condition for the second crop season.

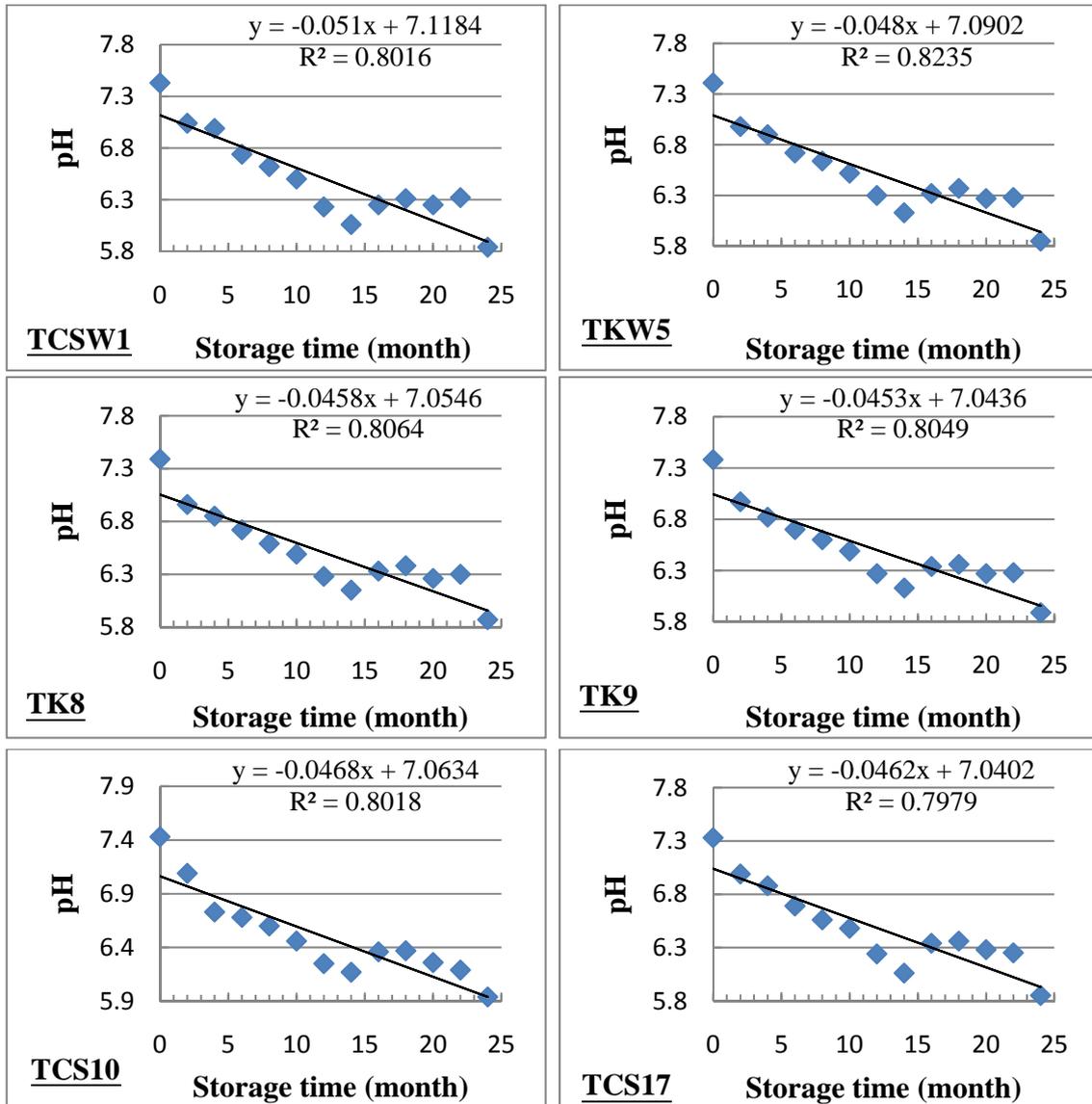
同樣為真空，降低貯藏溫度，第二期作不同品種白米貯藏期間個別品種pH值變化之迴歸分析(圖九)，六個迴歸方程式之決定係數介於0.898~0.954之間。由不同品種迴歸方程式可發現，兩個粳稻品種較接近，兩個糯稻品種較接近，臺中秈10號較接近粳稻，臺中秈17號又有不同。各迴歸方程式之常數項皆較室溫處理明顯提高外，決定係數亦較室溫處理增加，再次說明低溫貯藏有效減緩劣變。



圖九、第二期作不同品種白米在真空低溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 9. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under vacuum and cold temperature condition for the second crop season.

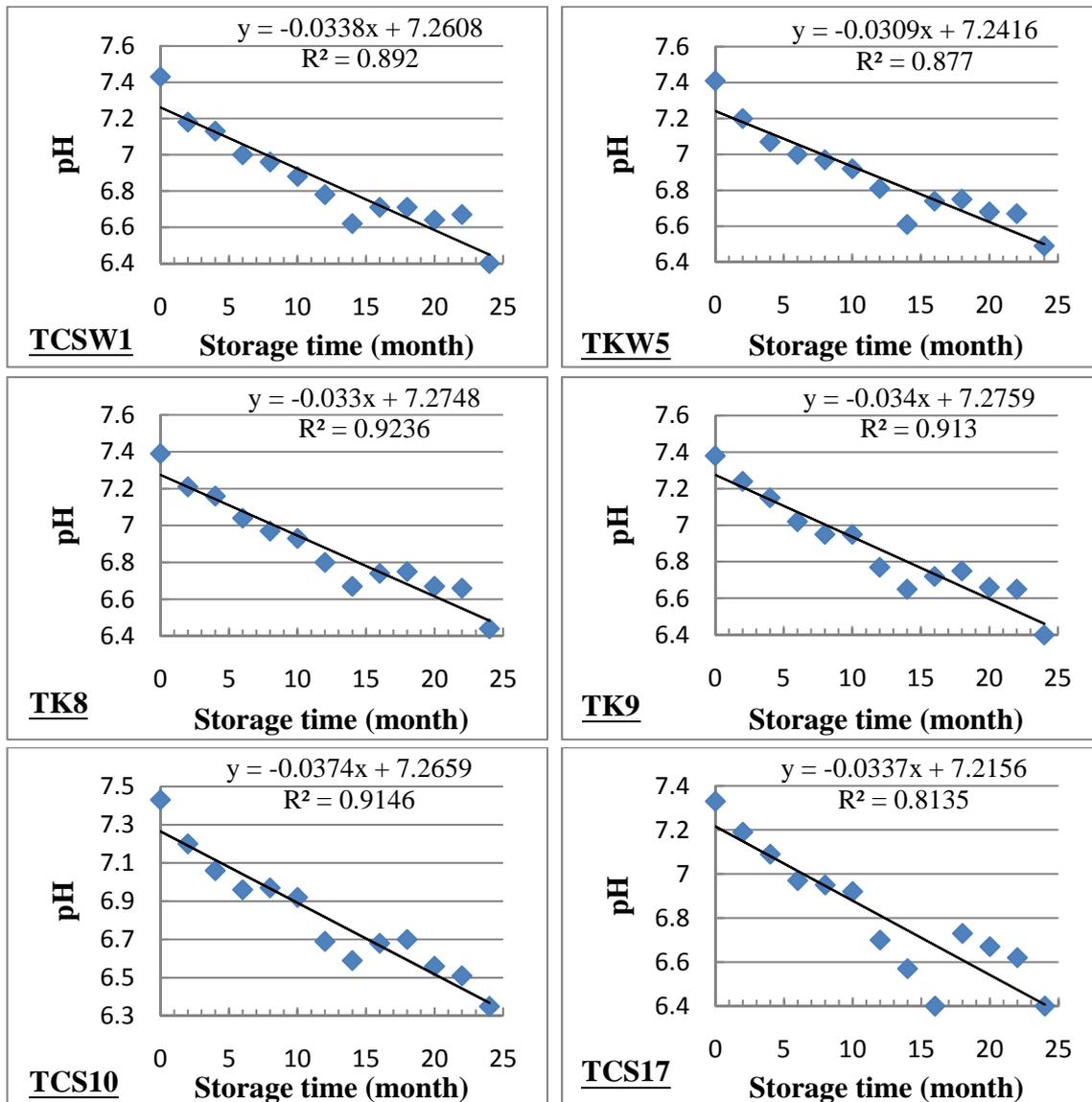
改為非真空貯藏室溫貯藏，第二期作不同品種白米貯藏期間個別品種pH值變化之迴歸分析(圖十)，六個迴歸方程式之決定係數不高，介於0.797~0.823之間。由不同品種迴歸方程式可發現，除了臺中秈糯1號常數項稍高外，其他五個品種較為接近。和真空室溫相比，外形細長的品種常數項較低，外型短圓的品種較高。



圖十、第二期作不同品種白米在非真空室溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 10. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and room temperature condition for the second crop season.

改為非真空貯藏低溫貯藏，第二期作不同品種白米貯藏期間個別品種pH值變化之迴歸分析(圖十一)，除臺中秈17號之0.813較低外，其餘五個迴歸方程式之決定係數介於0.877~0.923之間。由不同品種迴歸方程式可發現，兩個梗稻品種類似，臺中秈10號與臺中秈糯1號較接近，臺梗糯5號與臺中秈17號各有表現。和非真空室溫相較，常數項普遍提高，仍顯現低溫延緩劣變的效果；和真空低溫相較，決定係數稍低，常數項多稍降，但相差不大。



圖十一、第二期作不同品種白米在非真空低溫下貯藏期間 pH 值變化之迴歸分析。

Fig. 11. Regression analysis of the pH values of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and cold temperature condition for the second crop season.

由第二期作四種不同貯藏條件下pH值變化之迴歸方程式，似乎顯示除了兩個粳稻相接近外，秈稻與糯稻會在不同貯藏條件下各有表現。但同樣地降低貯藏溫度後，迴歸方程式中之常數項普遍提高，決定係數亦多所提高，再度顯現低溫延緩品質劣變的效果。至於真空與非真空同樣溫度處理之迴歸方程式常數變化，室溫下以細長形米非真空、短圓形米真空稍高，低溫下多以真空稍高。又各迴歸方程式仍會有低估起初期2個月的現象，其中又以室溫處理較為明顯，在進行送檢樣品預估初期pH值時，以低溫處理之迴歸方程式進行評估較佳。故也建議家庭購置小包裝白米時，是否為真空包裝不一定是購買考量的重點，重要的是購買後不管開封與否，儘速放入冰箱冷藏才是保鮮的上策。又若以不同期作同樣包裝形式與貯藏溫度pH值迴歸方程式相較而言，兩個期作品種間之變化趨勢類似，但以第二期作有較佳以及較均質之品質。

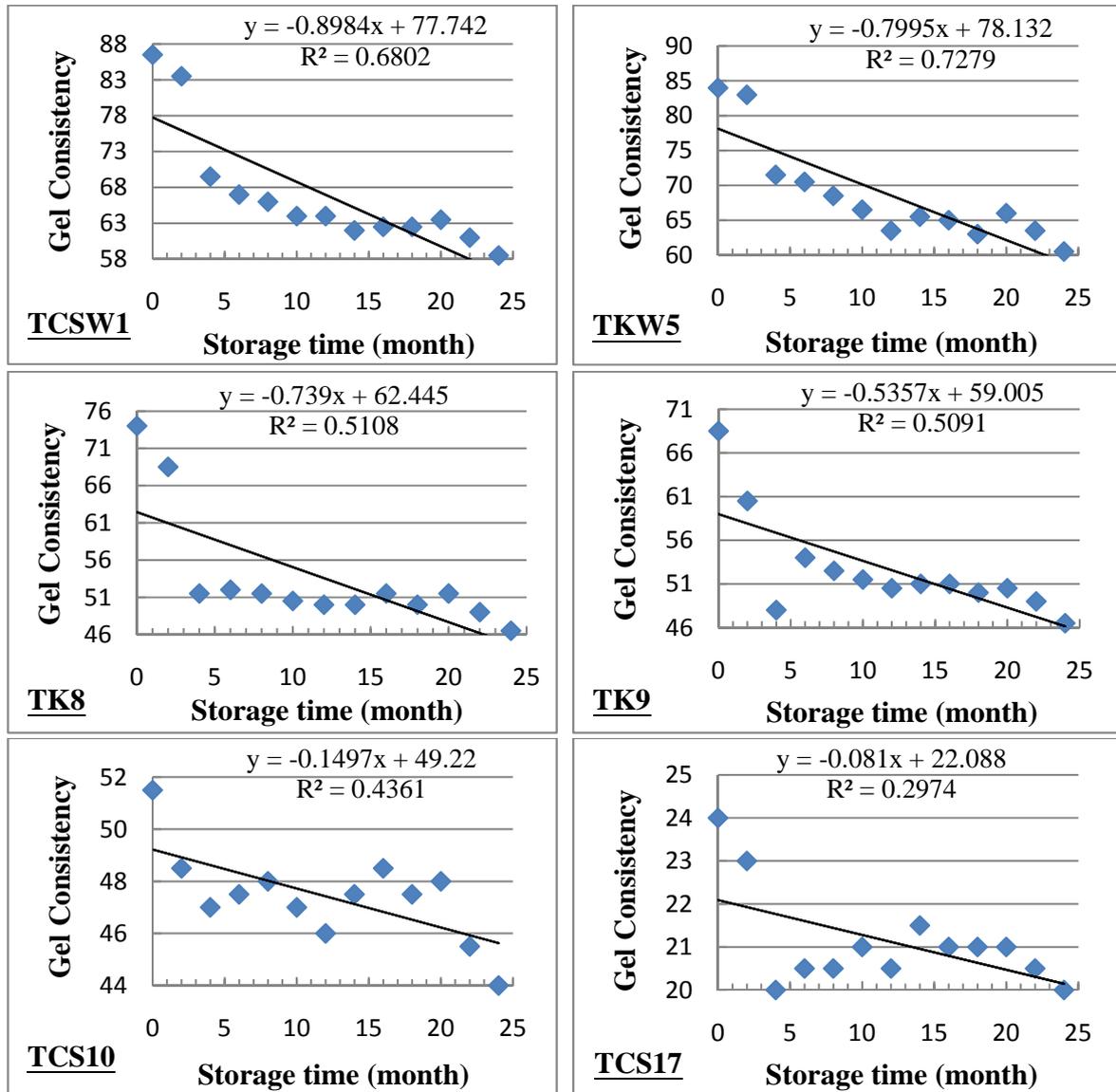
由於不同品種間的表現之差異頗大，在以pH值進行稻米新鮮程度比較時，最好以同一品種進行比較，但實際上可能不易執行，建議以秈糯、粳糯、粳、軟秈、硬秈等相同澱粉種類分群進行群內比較為宜，至於最後兩種秈稻群外觀事先不易分辨，建議以化學測試或事先詢問的方式加以解決。並建議每批送檢樣品之測試，須使用相同時間配置的新鮮藥品同時測試(同一個重複)，可採用二個重複或以上，若重複間差異較大時，再進行第三次或第四次測試，避免因藥品配置時間不同造成的誤差。

3.凝膠展延性(第一期作)

第一期作不同品種白米貯藏期間在真空室溫下個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十二)，六個迴歸方程式之決定係數皆不高，介於0.297~0.727之間，以兩個秈稻品種最低。大體而言，兩個糯稻品種迴歸方程式較為接近，兩個粳稻品種較類似，軟秈與硬秈之常數項又有不同表現。各迴歸方程式皆顯示在評估貯藏初期與實測值差異較大，特別是決定係數不高的情況下。同樣真空處理但貯藏溫度降低，第一期作不同品種白米貯藏期間在真空低溫下個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十三)，六個迴歸方程式之決定係數皆較室溫更低，介於0.008~0.478之間。

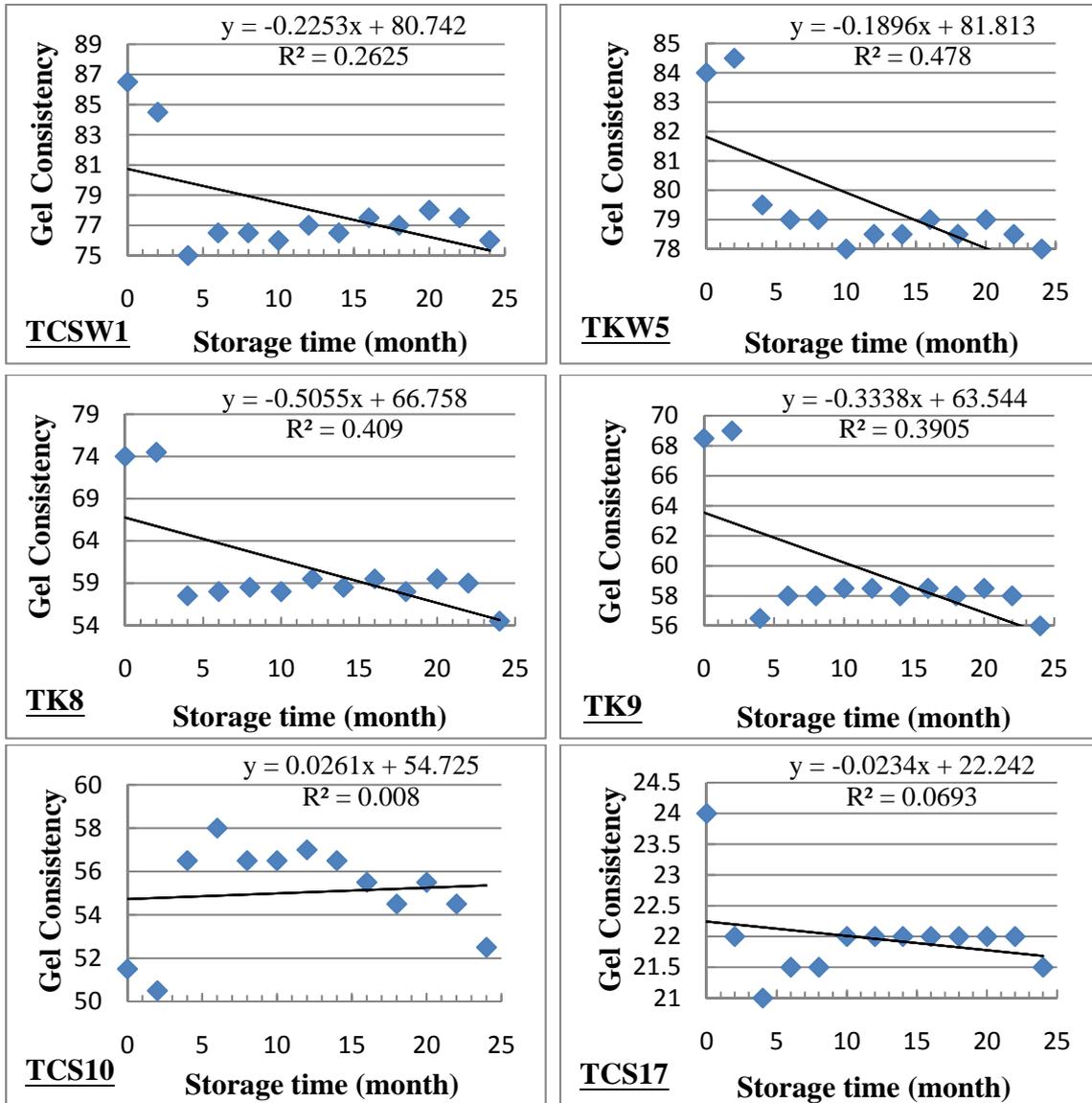
改為非真空貯藏，第一期作不同品種白米貯藏期間在非真空室溫下個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十四)，六個迴歸方程式之決定係數仍不高，介於0.345~0.726之間，以臺中秈17號最低。非真空貯藏再降低貯藏溫度，第一期作不同品種白米貯藏期間個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十五)，六個迴歸方程式之決定係數皆不高，介於0.111~0.549之間。

在第一期作四種不同貯藏條件下凝膠展延性變化之迴歸方程式，顯示有四群之變化，即糯稻、粳稻、軟秈與硬秈，但各決定係數普遍不高，都說明第一期作之凝膠展延性無法有效說明隨貯藏時期增加而降低的效果。



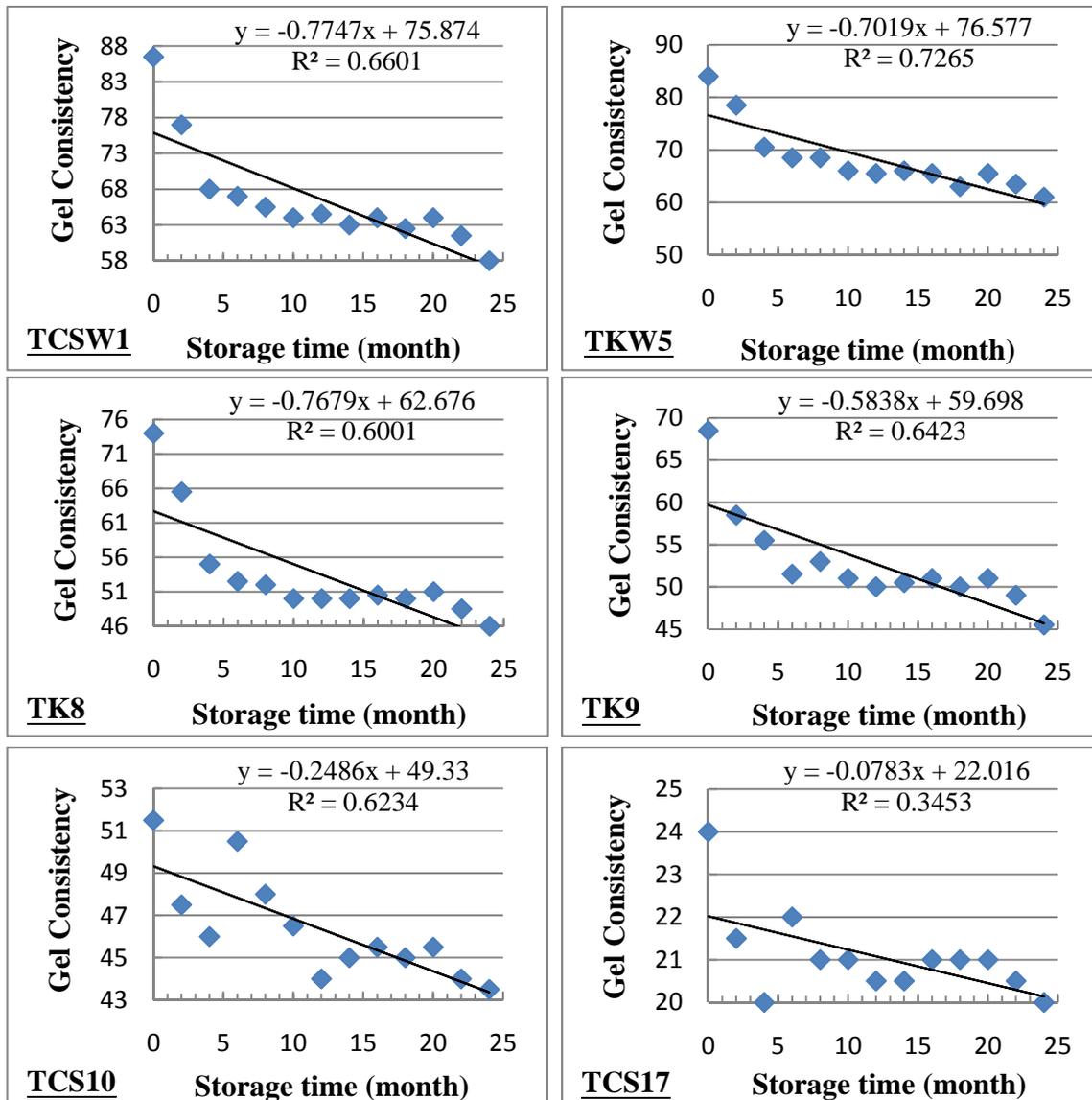
圖十二、第一期作不同品種白米在真空室溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

Fig. 12. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under vacuum and room temperature condition for the first crop season.



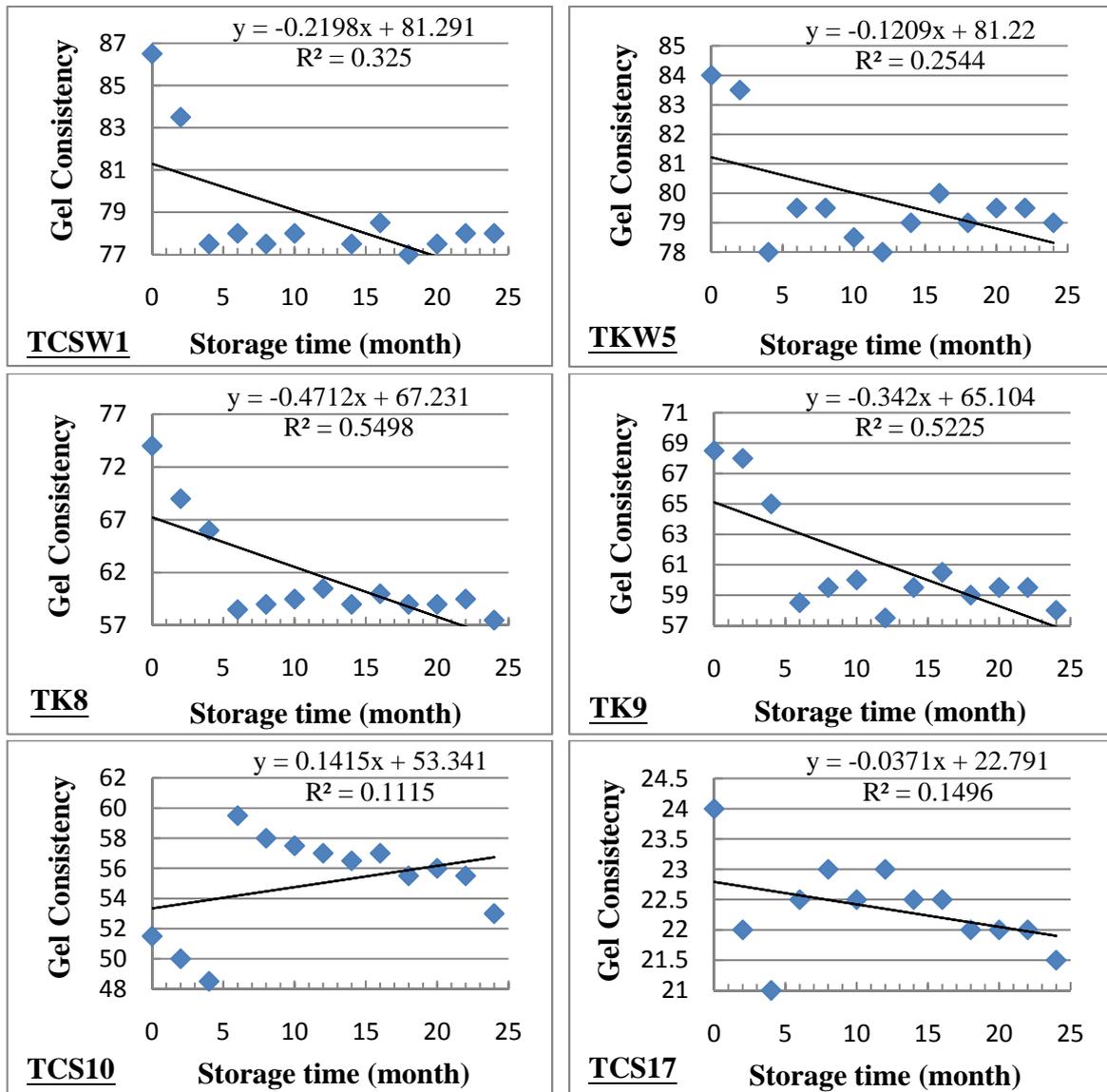
圖十三、第一期作不同品種白米在真空低溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

Fig. 13. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under vacuum and cold temperature condition for the first crop season.



圖十四、第一期作不同品種白米在非真空室溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

Fig. 14. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and room temperature condition for the first crop season.

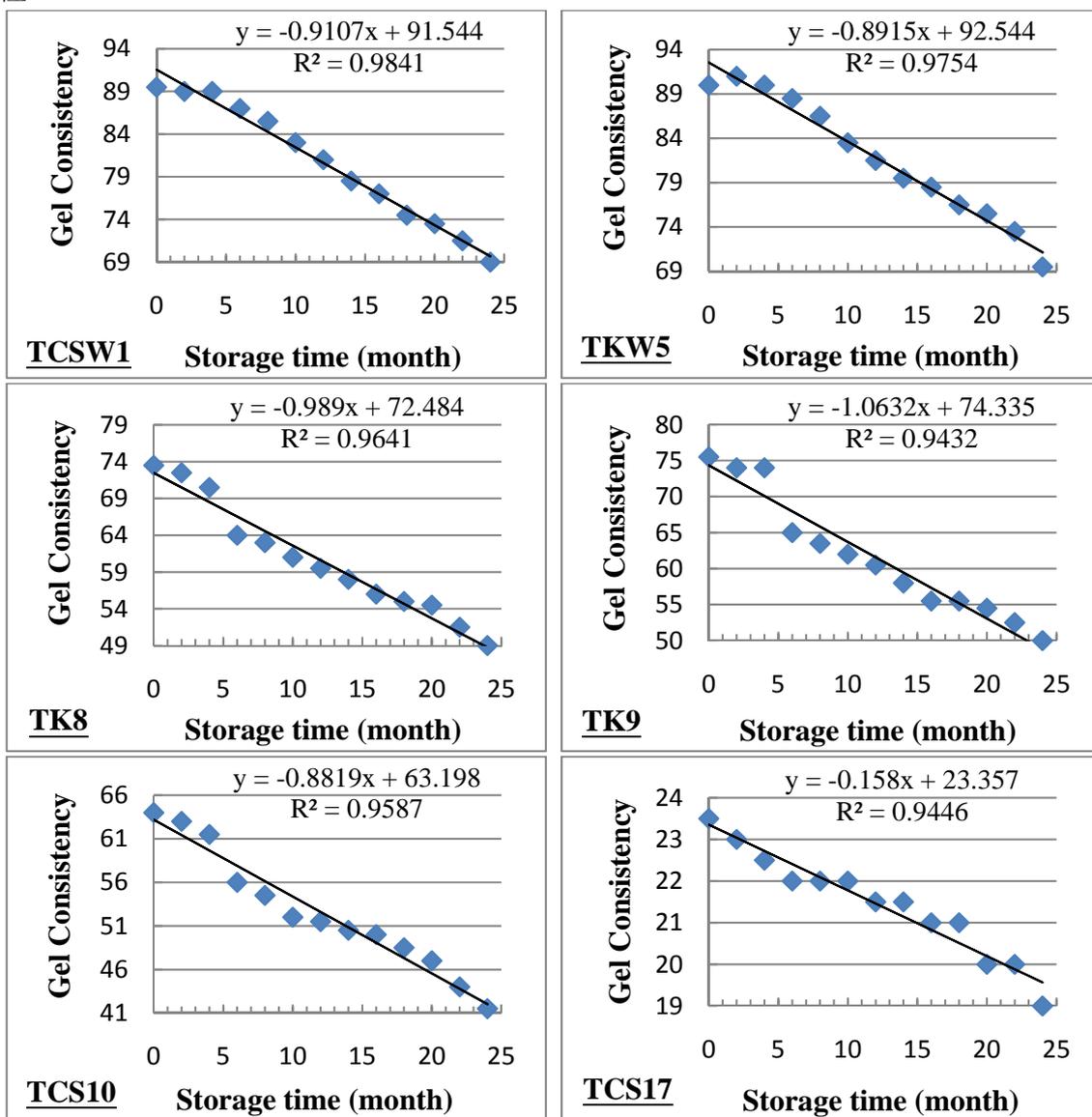


圖十五、第一期作不同品種白米在非真空低溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。
 Fig. 15. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and cold temperature condition for the first crop season.

4.凝膠展延性(第二期作)

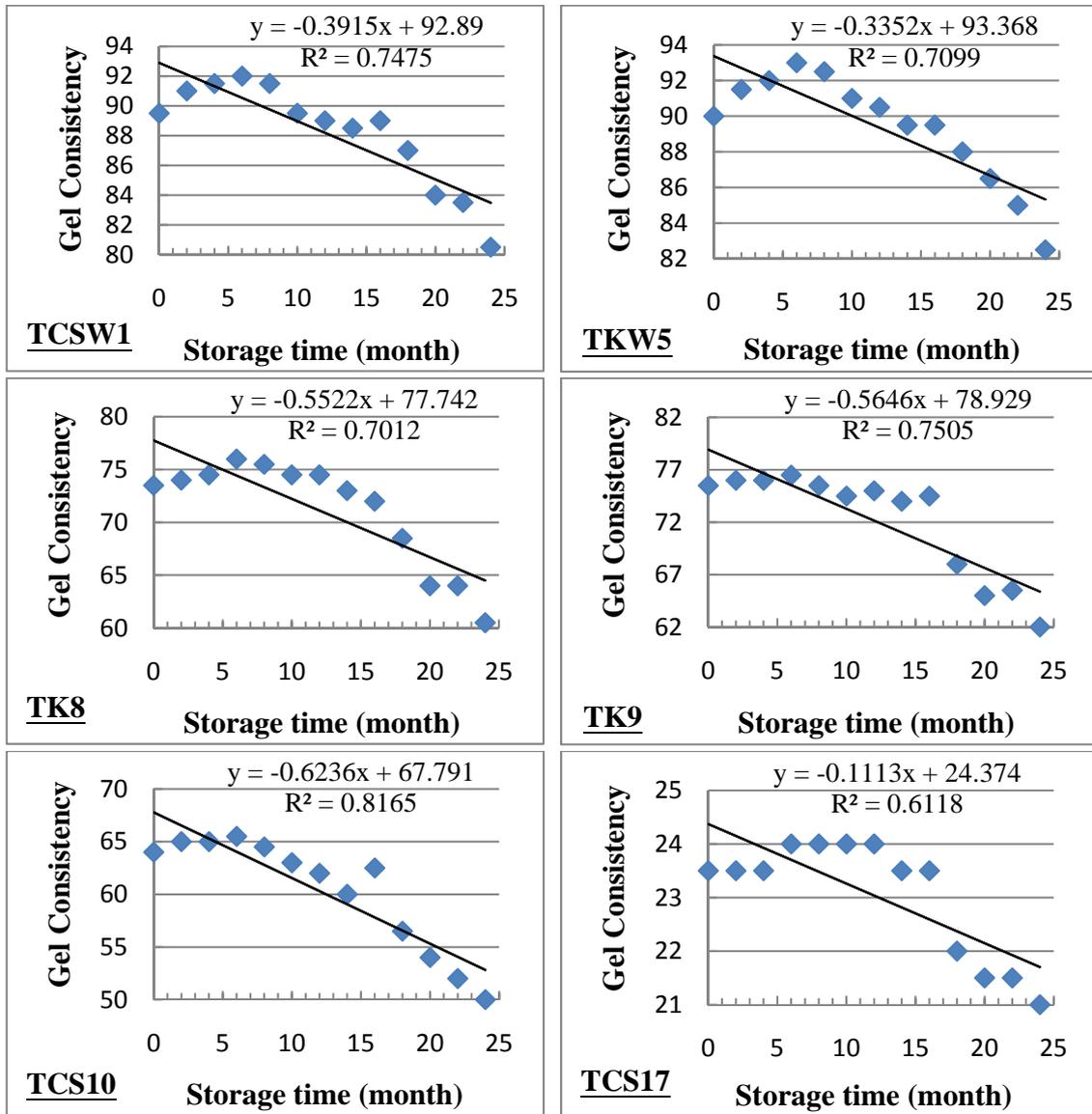
第二期作不同品種白米貯藏期間在真空室溫下個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十六), 六個迴歸方程式之決定係數皆極高, 介於0.943~0.984之間。大體而言, 仍以兩個糯稻品種迴歸方程式較為接近, 兩個粳稻品種較類似, 軟秈與硬秈又各自有表現。同樣真空處理但貯藏溫度降低, 第二期作不同品種白米貯藏期間個別品種凝膠展延性變化之迴

歸分析(圖十七)，六個迴歸方程式之決定係數皆較室溫降低，介於0.611~0.816之間。由不同品種迴歸方程式可發現，仍可分為糯稻、粳稻、軟秈與硬秈等四群。降低貯藏溫度後四群之迴歸方程式的常數項和室溫下相較有增加現象，說明低溫有延緩米質劣變的效果，但低溫下迴歸方程式之決定係數反較低，亦說明貯藏溫度降低後凝膠展延性變化之不確定性。



圖十六、第二期作不同品種白米在真空室溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

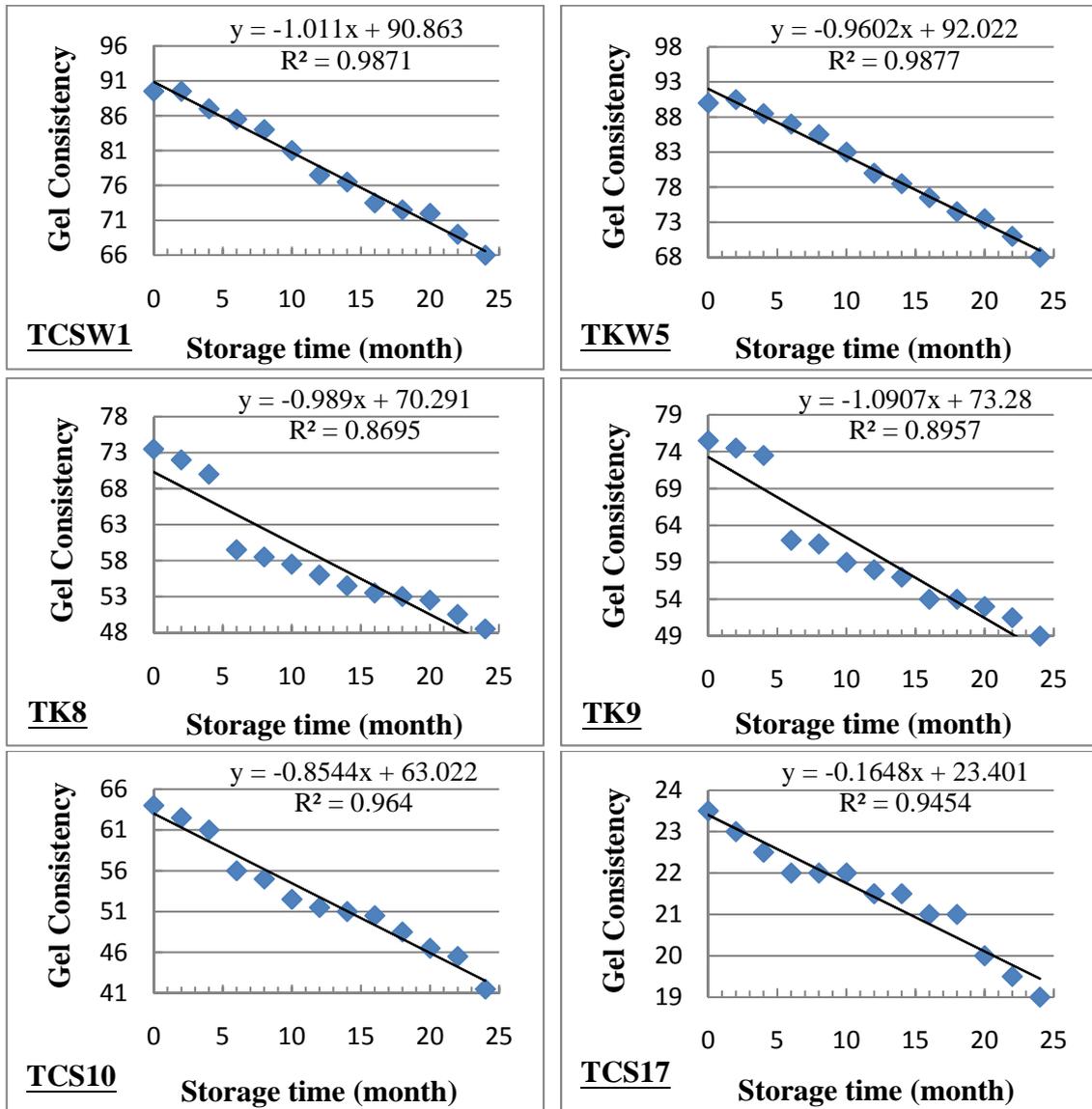
Fig. 16. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under vacuum and room temperature condition for the second crop season.



圖十七、第二期作不同品種白米在真空低溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

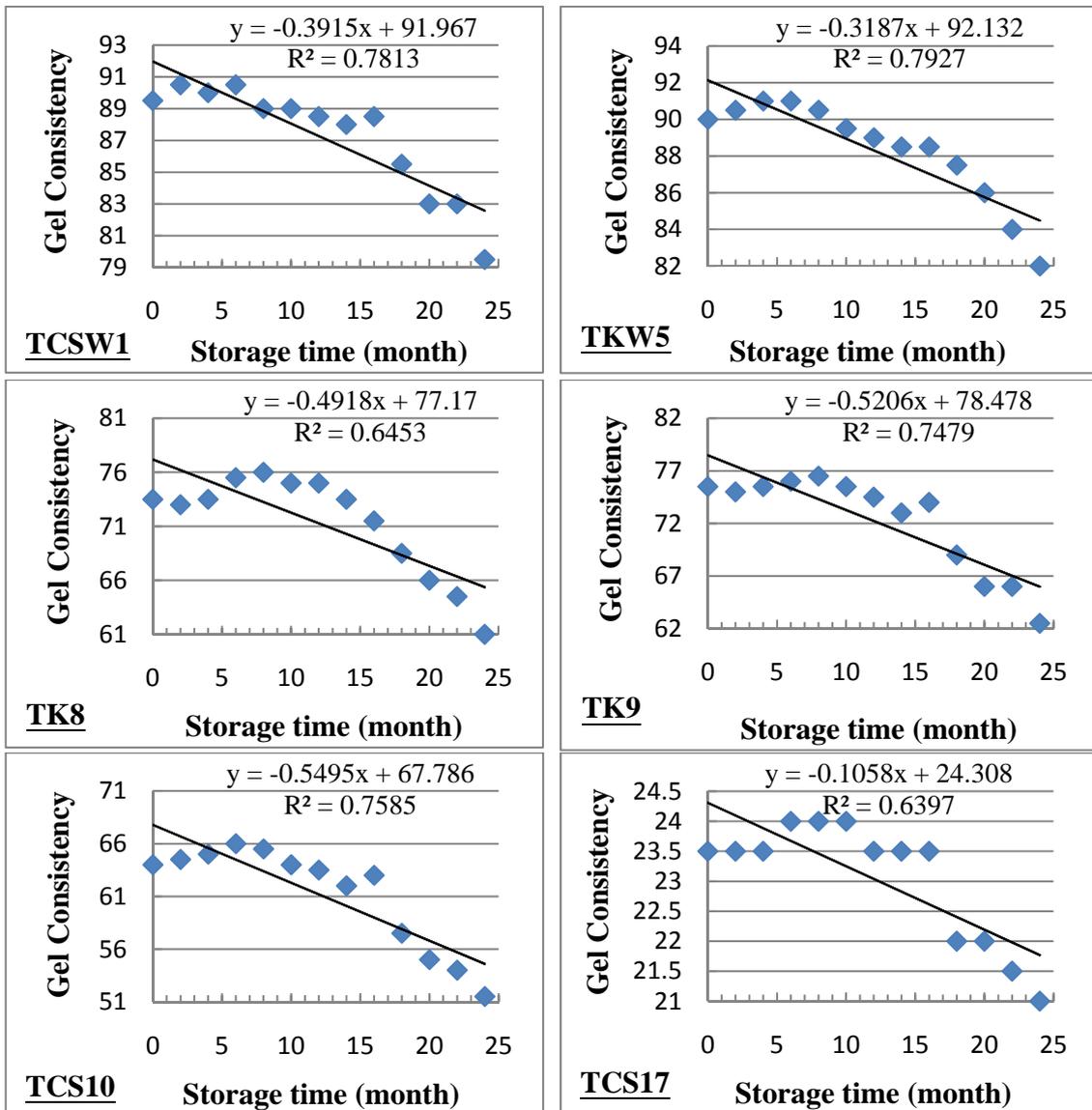
Fig. 17. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under vacuum and cold temperature condition for the second crop season.

改為非真空貯藏，第二期作不同品種白米貯藏期間在非真空室溫下個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十八)，六個迴歸方程式之決定係數皆高，介於0.869~0.987之間。由不同品種迴歸方程式可發現，仍分為糯稻、稈稻、軟秈與硬秈四群。非真空貯藏再降低貯藏溫度，第二期作不同品種白米貯藏期間個別品種凝膠展延性變化之迴歸分析(圖十九)，六個迴歸方程式之決定係數皆降低，介於0.639~0.792之間。由不同品種迴歸方程式可發現，仍可分為四群。



圖十八、第二期作不同品種白米在非真空室溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。

Fig. 18. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and room temperature condition for the second crop season.



圖十九、第二期作不同品種白米在非真空低溫下貯藏期間凝膠展延性變化之迴歸分析。
 Fig. 19. Regression analysis of the gel consistency of different variety milled rice grain stored under non-vacuum and cold temperature condition for the second crop season.

由第二期作四種不同貯藏條件下凝膠展延性變化之迴歸方程式，顯示仍有四群之變化，即糯稻、粳稻、軟秈與硬秈，且各決定係數普遍較第一期作提高許多，尤其是室溫處理又高於低溫處理，說明第二期作之凝膠展延性較能有效說明隨貯藏時期增加而降低的效果，特別是在室溫貯藏的情形下。

結 論

雖然pH值與凝膠展延性皆會造成不同處理間較大之差異，將其作為判別白米新鮮程度的理化性狀已可確定，但經過如不同期作、包裝形式、貯藏溫度、貯藏時期、品種等因子以及其互相之間的交感作用的探討，建議今後應多加強其他與pH值有關性狀之探討，不要只以單一之BTB、MR法pH值性狀進行白米新鮮程度比較，並盡量進行多個性狀的綜合判斷，亦即可再開發新的判別性狀，以增強判斷能力。至於凝膠展延性之利用只適用於第二期作室溫貯藏之情況下。

誌 謝

本研究承蒙農委會科技計畫補助，並誠摯感謝農業試驗所嘉義分所吳永培副研究員協助統計分析，以及本場米質實驗室全體同仁之鼎力協助。

參考文獻

1. 王聯輝、謝順景 1988 貯藏期間稻米品質的改變 p.282-300 稻米品質研討會專集。
2. 江伯源、盧訓、林子清 1998 不同儲存時間對原料米及米飯品質之影響 食品科學 25: 559-568。
3. 李來居、王長瑩、盧虎生 2000 不同品種、倉儲及市售小包裝白米之可溶性酸度變異 中華農學會報 1: 501-517。
4. 李潔和 1981 稻米儲存期間品質之變化 食品工業 13: 38-41。
5. 宋勳 1978 臺中地區農會貯藏稻穀品質探討之試驗 臺中區農業改良場研究彙報 2: 17-25。
6. 宋勳 1986 稻米品質分級及改良 p.109-125 四十年來臺灣地區稻作生產改進專輯。
7. 宋勳、洪梅珠 1987 貯藏方式對稻穀倉儲期間品質之影響 臺中區農業改良場研究彙報 14,15: 15-26。
8. 呂秀英、呂椿堂 1998 綜合變方分析的正確使用 科學農業 180: 146-155。
9. 洪梅珠、宋勳 1994 包裝形式與貯存溫度對小包裝白米品質之影響 臺中區農業改良場研究彙報 43: 7-15。
10. 陳宗禮 2002 稻米貯藏的化學變化與新鮮度檢定 中華農藝 12: 199-209。
11. 陳宗禮、許愛娜 1997 稻米新鮮度檢驗法 p.15-30 稻米品質檢驗技術研討會專刊。
12. 許愛娜、宋勳 1986 新舊米檢定方法之研究(第一報) 臺中區農業改良場研究彙報 12: 19-26。
13. 許愛娜、宋勳 1991 單粒新舊米檢定方法之研究(第二報) 臺中區農業改良場研究彙報 33: 1-6。

14. 許愛娜 2007 稻穀在貯藏期間理化性狀變化之研究 臺中區農業改良場研究彙報 95: 61-76。
15. Brody, A. L. 1985. Packing: Controlled atmosphere bakery product packaging. *Cereal Food World* 30: 352.
16. Cagampang, G. B., C. M. Perze and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Fd. Agric.* 24: 1589-1594.
17. Chrastil, J. 1990. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperatures. *J. Cereal Sci.* 11: 71-85.
18. Indudhara Swamy Y. M., C. M. Sowbhagya and K. R. Bhattacharya. 1978. Changes in the physicochemical properties of rice with ageing. *J. Sci. Food Agric.* 29: 627-639.
19. Juliano, B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. In: *Rice Chemistry and Technology*, (ed. By Juliano, B. O.) pp. 443-524. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, U.S.A.
20. Lii, L. J., C. Y. Wang and H. S. Lur. 1999. A novel means of analyzing soluble acidity of rice grains. *Crop Sci.* 39: 1160-1164.
21. Lin W. M., S. M. Chang and C. Y. Lii. 1979. Studies on the changes of physicochemical properties of rice during storage. *Bulletin of the Institute of Chemistry, Academia Sinica* 26: 13-23.
22. Villareal, R. M., A. P. Resurreccion, L. B. Suzuki and B. O. Juliano. 1976. Changes in physicochemical properties of rice during storage. *Stärke* 28: 88-94.

Changes in the Physicochemical Properties of Milled Rice Grain During Storage¹

Ai-Na Hsu²

ABSTRACT

Milled rice grain of six varieties with different starch quality was stored at 15°C vs. room temperature for 2 years to evaluate the physicochemical traits and quality. The results showed that there were significant differences among crop seasons, packaging methods, storage temperatures, storage periods and varieties. The lower storage temperature had more obvious effect to slow down the deterioration, and the varieties with the same starch quality varieties had the similar physicochemical properties. The more significant differences in physicochemical traits were the pH value and gel consistency, and both were declined with storage period. The regression relationship was also changed with crop season or storage conditions. Therefore, when we compare the freshness of milled rice sample, the pH value can be used as the main decisive characters for both crop seasons, while gel consistency could be considered as an assisting decisive characters but only under the condition of the second crop season stored at room temperature. In conclusion, both pH value and gel consistency could be used as indicators to determine the freshness of milled rice, but only valid in the same starch quality variety group.

Key words: milled rice, storage, pH value, gel consistency, regression equation.

¹ Contribution No. 0760 from Taichung DARES, COA.

² Senior Researcher of Taichung DARES, COA.