

玉米平衡相對濕度性質之研究

A Study of Equilibrium Relative Humidity Properties for Corn Products

臺灣省農業試驗所農工系副研究員

臺灣省農業試驗所農工系技士

陳 加 忠

曹 之 祖

Chiachung Chen

C. T. Tsao

摘 要

此研究中利用平衡相對濕度量測技術以量測玉米粒與玉米梗於兩種處理乾燥溫度下其 5, 15, 25, 35 與 50°C 之平衡相對濕度數據。利用四 ERH/EMC 模式以評估數據對此模式之適稱能力。乾燥處理溫度對於 ERH 物性有顯著之影響。以此次研究結果與文獻數據比較，顯示玉米粒 ERH 物性受到品種等因素之影響，ASAE 標準 D245.4 之建立並不合理且需要加以修正。

關鍵詞：玉米粒，玉米軸，平衡相對濕度，平衡含水率。

ABSTRACT

Equilibrium relative humidity (ERH) data for corn kernels and cobs dried at two temperatures were obtained by the ERH determining technique at 5, 15, 25, 35 and 50°C. Four ERH models were adapted to fit the data and to evaluate the fitting-agreement. The treatment temperature for samples significantly affected the ERH/EMC properties. Comparing the results of this study with the previously published data, the ERH properties of corn kernels were affected by the varieties. Three sets of ERH data for corn cobs showed the similar results. The results suggest that the ASAE Standard D254.4 need to be revised.

Keywords: Corn kernels, Corn cobs, Equilibrium relative humidity, Equilibrium moisture content

一、前 言

農產品平衡相對濕度(Equilibrium Relative Humidity, ERH)，平衡含水率(Equilibrium Moisture Content, EMC) 和溫度的關係為農

產品收穫後處理作業中所必須具備的資料，農產品在相同相對濕度環境下去濕和吸濕過程之平衡含水率並不相同，此現象稱為遲滯性。去濕物性主要應用於乾燥作業，吸濕物性則應用於倉儲作業。在食品工業亦發現遲滯性對食品之化學反應能力有顯著

之影響。

ERH/EMC 物性之量測方式主要有兩種，其特點已有詳細研究 (Chen, 1980)。

玉米粒之平衡相對濕度與平衡含水率物性雖有多篇研究 (Neuber, 1980)，但因此物性所涉及之影響因子極為複雜，詳細完整之物性資料有其建立的必要。

此研究之主要工作在於利用「平衡相對濕度依序量測法」於短時間內以量測大量且準確之數據，並以此探討各影響因子對 ERH/EMC 物性之影響，並建立本省玉米品種適用的物性資料。

二、研究目的

此研究之目的如下：

- 1.量測玉米粒與玉米梗在兩種處理溫度下其五溫度含水率與平衡相對濕度之關係。
- 2.量測比較上述作業中吸濕 (Desorption) 與去濕 (Adsorption) 之物性。
- 3.量測比較乾燥溫度對 ERH 物性之影響。
- 4.比較量測數據與前人研究之資料。
- 5.評估適用之平衡相對濕度模式和其參數。

三、文獻探討

(一)玉米產品 ERH 物性

國外研究者對玉米粒之平衡含水率物性已有多篇研究，Neuber (1980) 曾收集評論自 1920 至 1980 年有關此研究主題之廿七篇文獻。近年來，四種品種黃粒齒形 (yellow-dent corn) 玉米粒之平衡相對濕度物性曾有詳細之研究 (Chen, 1988)。國內之研究中，張氏 (1988) 曾對臺南十一號品種量測其三種溫度下之吸濕與去濕物性。

近年來玉米梗 (Corn cobs) 的加工利用已逐漸為研究者加以重視，而有關於此產品之平衡相對濕度物性研究則極少且不完整，Kumar 氏等人 (1978) 與 White 氏等人 (1985) 曾對此農產品進行去濕歷程之 ERH 物性研究。

二、平衡相對濕度物性之影響因子

ERH/EMC 物性之影響因子極多，依 Neuber (1980) 氏之歸納研究，其影響因子主要歸類如下：

- (1)組成成份：油份、蛋白質、澱粉、纖維質之含量比例。
- (2)樣本特性：品種、收穫年代、樣本大小。
- (3)樣本處理：乾燥處理溫度，相對濕度，乾燥方

法，加濕方法……等。

- (4)含水率與相對濕度的量測方法。
- (5)達成平衡狀態的方法。
- (6)相對濕度與溫度的控制方法。

由於影響因素的複雜性，Neuber 氏 (1980)，建議開發一種快速且準確的標準量測技術，用以量測各因素影響下之 ERH/EMC 數據，並以此評估各因子之量化影響能力。近年來，利用電子式相對濕度計進行平衡相對濕度物性之量測技術已可滿足此需求 (Chen, 1988, 陳氏等 1991 a, 1991 b, 1992)

在針對黃粒齒形玉米粒 (Yellow-dent corn) 的 ERH/EMC 物性量測中，其樣本包含四種品種，處理方式有四種乾燥溫度，兩種加濕方式與不同之最初含水率 (Chen, 1988)，實驗結果顯示不同品種之間存有顯著差異性，乾燥溫度之影響極為顯著，加濕方法與最初含水率對此物性則無顯著影響。

對於本省稻穀此物性之有關研究中 (陳等 1990, 1991 b)，顯示乾燥溫度之影響最為顯著，在相同相對濕度環境下，去濕與吸濕含水率之差異值在 1.0% 之內。然而由文獻資料與國內臺農 67 號品種之物性比較發現測定品種，測定方法與不同研究人員之測定技術對稻穀產品 (稻穀、糙米、白米) 之 ERH/EMC 物性並無顯著差異性，因此證實建立世界性汎用的稻穀 ERH 模式乃為可行。

在有關落花生 ERH/EMC 物性研究中 (陳等, 1991 a, 1991 b)，利用傳統 EMC 法與 ERH 依序量測法所量測之結果並無差異性存在，乾燥溫度的影響則十分顯著。

(二) ERH/EMC 模式

在加工作業的模擬設計中，以數學模式代表農產品 ERH, EMC 與溫度之關係十分重要。美國 ASAE 學會選定以修正 Henderson 式與 Chung-Pfost 式為應用標準 (ASAE, 1983)，Chen (1988) 比較評估包含三參數的四個 ERH 模式，發現 ASAE 標準有修正的必要。在 ASAE 的標準建立中，以玉米粒為例，係由四組不同來源的 ERH/EMC 數據綜合後加以執行迴歸分析所得之結果 (Pfost et al, 1976)，此方式並未考慮數據來源之影響因子。

(三) ERH/EMC 數值於乾操作業之應用

在進行穀物乾操作業時，利用穀物 EMC 值以

決定在特定熱風濕度與溫度下所能到達之最終含水率。在 EMC 值的準確性對於乾燥過程的加工模擬影響性有關的研究，Van Ee 與 Kline (1979) 發現 EMC 值輕微的改變 ($\pm 0.5\%$ MCWB)，對於預測模擬所得的含水率 (Final m.c.) 數值與乾燥速率有明顯地影響，在常溫乾燥時，假設遲滯性不存在則將增大模擬結果之誤差，而在高溫乾燥 (75°C) 時，遲滯性可加以忽略。Lynch 與 Morey (1989) 在玉米粒乾燥策略的研究中發現利用準確的 EMC 方程式對於乾燥過程預測含水率的準確性影響極大，進行乾燥作業研究之品種，其 EMC/ERH 應用模式應利用相同的品種量測所得的結果。

四、材料與方法

(一) 實驗材料

1. 玉米粒：共有高溫、低溫乾燥、吸濕與去濕處理等四種實驗樣品、高溫溫度為 50°C，與農民利用乾燥機進行乾燥作業之溫度相同，低溫為 25°C，接近傳統之日曬。

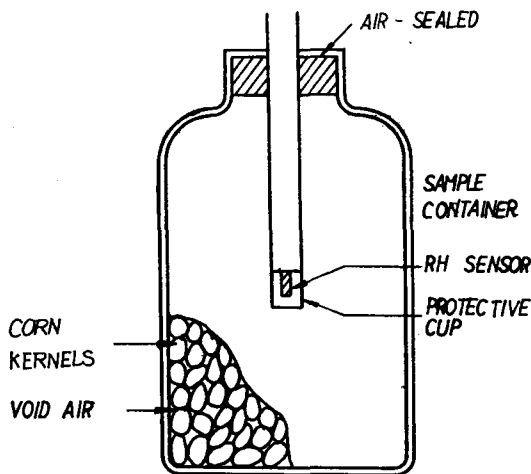
臺農 1 號品種低溫去濕量測樣本係在 25°C 環境下置於飽和鹽所形成之環境空間使其失去水份，再進行量測。加濕物性測定所用之樣本在 25°C 環境下與乾燥劑同置於密閉容器內，待其水份降至極低後，再加水以調整至預定之含水率。其高溫去濕物性量測樣本係利用 50°C 熱風乾燥至預定含水率。加濕物性量測樣本則以 50°C 熱風乾燥至極低水份含量後再加水調製至預設含水率。此外，為驗證此 ERH 量測法之重覆符合性，以與臺農 1 號相近的品種臺農 351 號加以測定，而此試驗中只利用低溫去濕樣本，處理方式與臺農 1 號相同。

2. 玉米梗：玉米梗的試驗樣本處理共有高溫 (50°C)，低溫 (25°C)，去濕與加濕等四種，其準備方式與玉米粒相同，其品種為臺農 1 號。

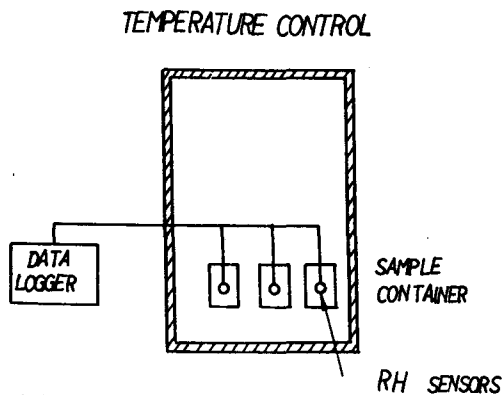
(二) 相對濕度感測器：本研究所用的相對濕度感測器有兩種：Vaisala HMD 30US 與 Rotronic I-100 型，感測器均預先執行校正，並建立校正式 (陳等，1990)。

(三) 平衡相對濕度之量測：此研究採用「ERH 依序量測法」，此量測技術簡述如下：

將已知固定含水率之標本置於樣本容器內，濕度感應元件置於樣本之間 (圖 1)，元件之外有保護蓋以避免與穀粒接觸而損傷。整個容器形成一密



圖一 樣本放置容器
Fig. 1. Sample container



圖二 實驗裝置
Fig. 2. Experimental set-up

閉系統。系統在達到平衡狀態時，農產品間隙內之空氣與穀物達到溫、濕度平衡，由感應元件所量測之空氣溫濕度即代表穀物之溫度與平衡相對濕度，樣本容器置於恒溫控制箱內 (圖 2)，在到達第一設定溫度平衡時，量測記錄此溫濕度讀出值，然後調整恒溫室至下一階段溫度。在第二階段設定溫度下達到平衡之後，記錄溫濕度而再調整至第三階段設定溫度，經由此依序調整和量測方式，可在短時間內量測大量之平衡相對濕度數據，所得讀出 ERH 值再由已建立之校正式轉換為真實值。量測結束後樣本含水率再經烤箱進行量測以確認其含水率之恒定性。量測溫度有五種 (5, 15, 25, 35, 50°C)，相對濕度之量測範圍為 10~95%。

(四) 平衡相對濕度模式：此研究中探討四個 ERH 模式對各種產品平衡相對濕度數據之適稱性，模式

描述如下：RH 為相對濕度（小數點），M 為含水率（%，乾基），T 表示溫度（°C），A，B，與 C 為常數。

1. 修正 Henderson 式

$$RH = 1 - \text{Exp}(-A(T+C)M^B)$$

2. Chung-Pfost 式

$$RH = \text{Exp}\left(\frac{-A}{T+C} \text{Exp}(-B \cdot M)\right)$$

3. 修正 Oswin 式

$$RH = \frac{1}{\left(\frac{A+B \cdot T}{M}\right)^C + 1}$$

4. 修正 Halsey 式

$$RH = \text{Exp}(\text{Exp}(A+BT) \cdot M^{-C})$$

(四) 模式適稱性評估：以非線性迴歸技術評估四種模式對各組數據之適稱性，其評估定量標準為標準差 S. E.，P，與 RMS 值，定性標準為殘差分佈圖。各標準之定義和計算公式如下：

$$P = \frac{100}{N} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right|$$

$$RMS = \left[\frac{1}{N} \sum \left(\frac{y - \hat{y}}{y} \right)^2 \right]^{0.5} * 100$$

N 為數據數目，Y 為量測值， \hat{y} 為模式預測值。

定量標準方面，數值愈少代表模式適合性愈好，在定性標準方面，殘差分佈圖係描繪模式殘差值對預測值的分佈圖形，均勻分佈之殘差圖代表模式之解釋性良好。

五、結果與討論

(一) 玉米粒 ERH/EMC 物性

臺農 1 號玉米粒以 25°C 溫度處理樣本其三個溫度下之去濕數據如圖三所示，在固定溫度下，農產品平衡含水率與相對濕度之關係曲線為等溫水份線，玉米粒之等溫水份線為典型 S 型曲線，受到溫度的影響十分顯著。

四種處理（高溫與低溫，吸濕與去濕）樣本所測得的平衡相對濕度，含水率與溫度之關係數據以非線性迴歸技術評估其對四個 ERH 模式的適稱性，其估計參數和各統計量如表一所示。以低溫處理之去濕數據為例，在定性方面，修正 Halsey 式之殘差圖為明顯地曲線分佈，其統計量化標準亦大於其他三個模式，因此不適用此農產品，對於其他三種處理之數據，修正 Halsey 式之結果相同。

對修正 Henderson 式，Chung-Pfost 式與修正 Oswin 式而言，低溫乾燥處理之去濕數據以修正 Oswin 式最好，其量化比較標準均低於其他兩模式，此模式之預測曲線如圖 3。

對於低溫乾燥的吸濕數據而言，量化比較標準並不一致，對 Chung-Pfost 式與修正 Oswin 式而言，前一模式之 SE 值較低，但 P 與 RMS 值較高，因此可知無法用單一量化標準以評估模式之適稱性。對高溫處理的加濕與去濕數據而言，修正 Henderson 式與 Chung-Pfost 式在定性殘差圖方面皆可，符合殘差均勻分佈之要求，但其量化標準的大小次序亦不一致。

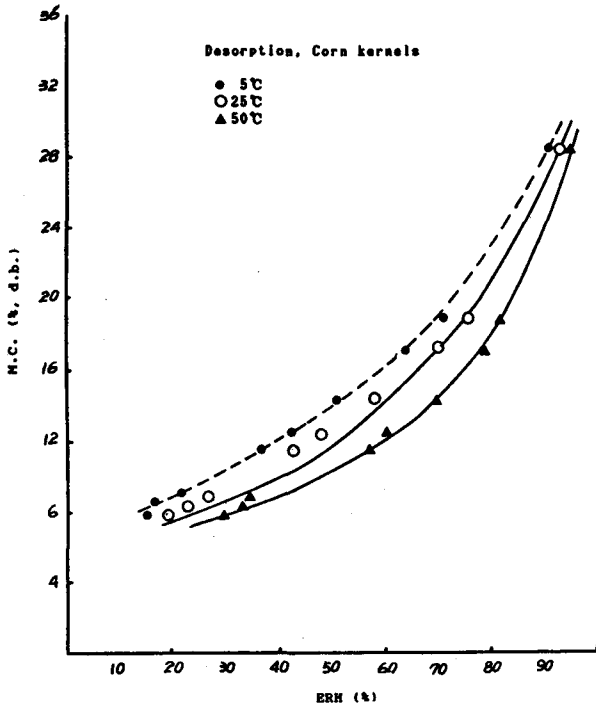
臺農 1 號與臺農 351 號兩種品種其三個溫度（5，25，50°C）之 ERH/EMC 關係數據比較如圖 4。由數據之符合性可知此兩品種之 ERH/EMC 物性並無差別，因臺農 1 號係由臺農 351 號品種改良而成，此結果十分合理，而亦驗證此技術之符合性。臺農 351 品種之數據其模式適稱性比較列於表二，Chung-Pfost 式有最佳之適稱能力。綜合上述之模式比較結果，除修正 Halsey 模式之外，其餘三模式皆可適用玉米粒 ERH/EMC 模式。

利用適稱模式繪出 25°C 時四種處理之等溫水份線（圖 5）。由圖可知玉米粒的 ERH/EMC 物性因歷程引起的遲滯性極為明顯，以 25°C 處理之樣本，在 40% RH 條件下，其去濕與吸濕含水率之差異性約 1.1%。然而以 50°C 處理之樣本，在 40% RH 條件下，其遲滯性引起的含水率差距僅為 0.2%，此結果可解釋在進行乾燥機乾燥作業模擬時，對 EMC/ERH 之物性通常可假設無遲滯性存在。在常溫乾燥時，則必須考慮遲滯效果的影響性。

樣本乾燥處理溫度對 ERH 物性之影響可由圖 5 臺 A、C 曲線之差異性得知，在 60% RH 條件下，兩者含水率相差約 1.7%。在穀物的倉貯安全含水率研究（陳，1990），平衡相對濕度 65% 可做為決定貯存含水率的指標，以 25°C 乾燥之玉米粒其 65% RH 之相應安全含水率為 15.9%（乾基），而以 50°C 乾基之安全含水率則應為 14%（乾基），因此穀物貯存安全含水率應與其加工之熱風溫度有關。此外由圖 5 中可知遲滯現象因乾燥溫度之增加而趨於不顯著。

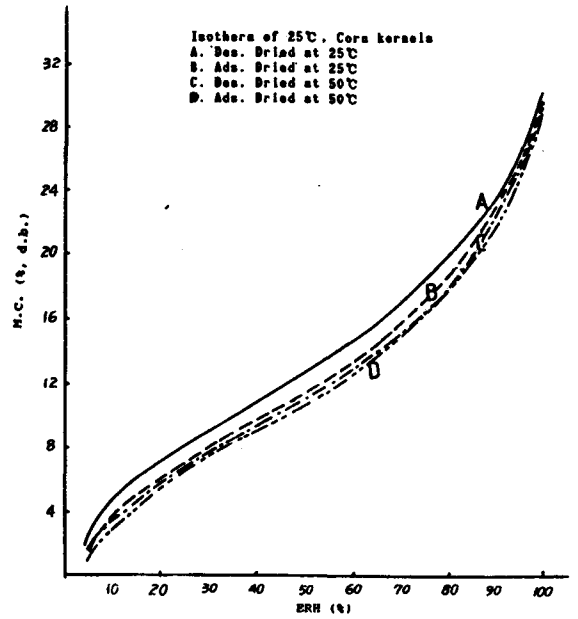
(2) 與文獻已知數據比較為比較

為比較此次研究結果與已知文獻數據之符合性



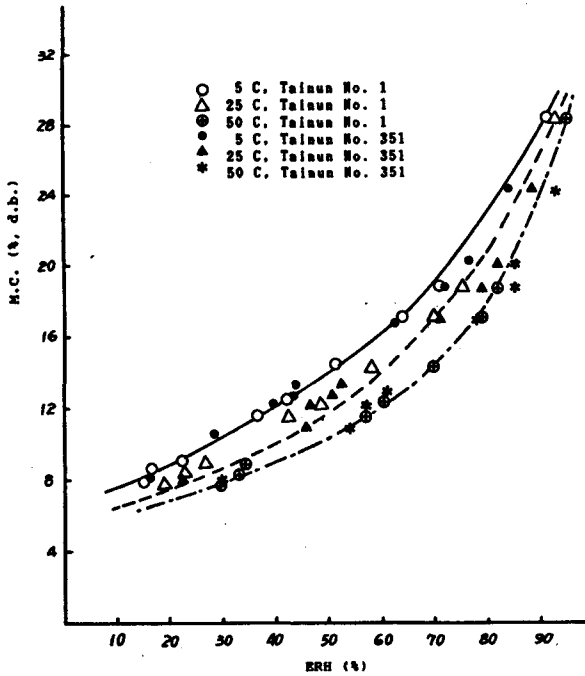
圖三 玉米粒 25°C乾燥去濕數據

Fig.3. Desorption data of corn kernels dried at 25°C



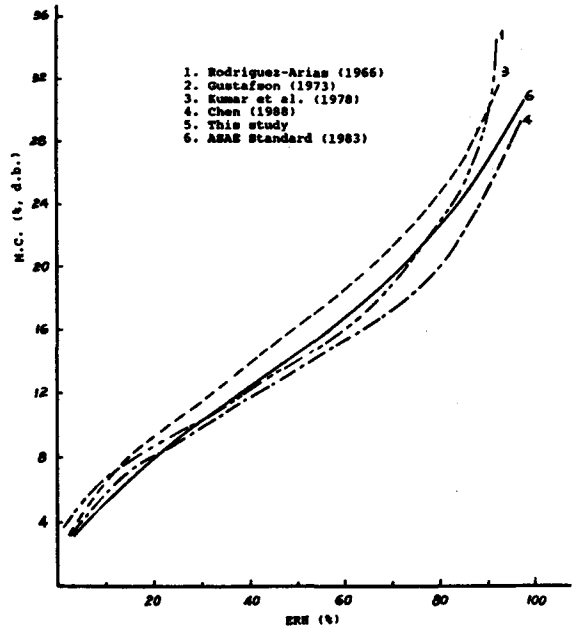
圖五 乾燥溫度對玉米粒等溫水份線之影響

Fig.5. The effect of drying temperatures on the isotherms of corn kernels.



圖四 玉米粒兩品種ERH數據比較

Fig.4. Comparison of the desorption data of corn kernels for two varieties



圖六 a 玉米粒 5°C 六 ERH 水份等溫線之比較

Fig.6a Comparison of six desorption isotherms of corn kernels at 5°C

表一 玉米粒吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準 (臺農一號)

Table 1. Estimated parameters and comparison criteria for four ERH models of sorption data for corn kernels (Tainun No. 1)

	Modified -Henderson	Chung -Pfof	Modified -Oswin	-Halsey
25°C drying, Desorption				
A	4.7908*10 ⁻⁵	476.616	14.3530	5.182
B	1.98334	0.1597	-6.319*10 ⁻²	-0.019
C	64.655	63.581	2.8730	2.1017
R ²	0.9845	0.9903	0.995	0.980
SE	3.4	2.690	1.99	4.86
P	6.8	4.860	3.60	5.570
RMS	9.14	6.69	5.44	8.39
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern
25°C drying, Adsorption				
A	7.1167*10 ⁻⁵	544.478	12.411	4.437
B	1.8520	0.1689	-0.048	-8.8827*10 ⁻²
C	81.2620	90.080	2.6597	1.931
R ²	0.9890	0.9920	0.991	0.979
SE	2.778	2.37	2.54	3.85
P	4.730	4.10	3.76	8.19
RMS	7.060	5.79	4.94	12.45
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern
50°C drying, Desorption				
A	7.9812*10 ⁻⁵	480.850	12.8610	5.1788
B	1.7872	0.1582	-5.089*10 ⁻²	-8.810*10 ⁻²
C	82.26.	85.030	2.7513	2.1847
R ²	0.9733	0.9800	0.971	0.941
SE	3.39	2.940	3.54	5.05
P	4.87	4.460	5.30	7.100
RMS	6.76	7.01	9.49	15.70
Plot	U. S.	U. S.	Pattern	Pattern
50°C drying, Adsorption				
A	1.2740*10 ⁻⁴	438.120	14.146	3.978
B	1.5840	0.1429	-0.0792	-8.5733*10 ⁻²
C	87.510	95.591	2.6060	1.729
R ²	0.9870	0.9860	0.965	0.974
SE	2.750	2.77	4.46	3.826
P	4.330	4.44	9.35	7.17
RMS	6.850	6.22	13.4	12.40
Plot	U. S.	U.S.	Pattern	Pattern

U.S.: Uniform Scattered

表二 玉米粒吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準 (臺農三五號)

Table 2. Estimated parameters and comparison criteria for four ERH models of sorption data for corn kern kels (Tainun No. 351)

	Modified -Henderson	Chung -Pfof	Modified -Oswin	Modified -Halsey
25°C drying, Desorption				
A	3.6952*10 ⁻⁵	532.50	14.3784	5.717
B	2.08	0.17075	-6.102*10 ⁻²	-0.017
C	66.624	61.58	3.2320	2.299
R ²	0.992	0.995	0.991	0.976
SE	2.13	1.70	2.165	3.646
P	3.44	2.52	3.11	6.27
RMS	5.31	3.78	4.93	9.72
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern

，以臺農 1 號與其他已知數據之適稱模式加以比較，所用之數據以具有多種溫度下之去濕數據為主。除包括 ASAE 標準所列模式與參數值，所比較之數據共有 5 組。

- a. 此研究之臺農 1 號
- b. Rodriguez-Arias (1966)
- c. Gustafson (1973)
- d. Kumar 等人 (1978)
- e. Chen (1988)，品種為 VA

在三溫度 (5, 25, 45°C) 下由四組數據之適稱模式與 ASAE 標準公式所繪出之等溫水份線之比較圖示於 6a~6c。

5°C 中六組等溫水份線 (圖 6a) Rodriguez-Arias (1966) 與 Gustafson (1973) 之數據與此研究結果相近，而圖上四曲線之差異性極大，在相同 RH 條件下，含水率之差異範圍約 2.2~3.8 %。

25°C 之六組曲線中 (圖 6b)，相同 RH 條件下含水率之差異範圍約 1.6~2.4%，45°C 之六組曲線 (圖 6b)，在相同 RH 條件下含水率之差異性為 1.6~2.0%。由三溫度之等溫水份線比較可知不同研究者對不同品種之量測結果差異性十分顯著。然而在稻穀之文獻數據比較中，四個國家之稻穀等溫水份線含水率差異性約在 0.8% 之內 (陳等，1992)。

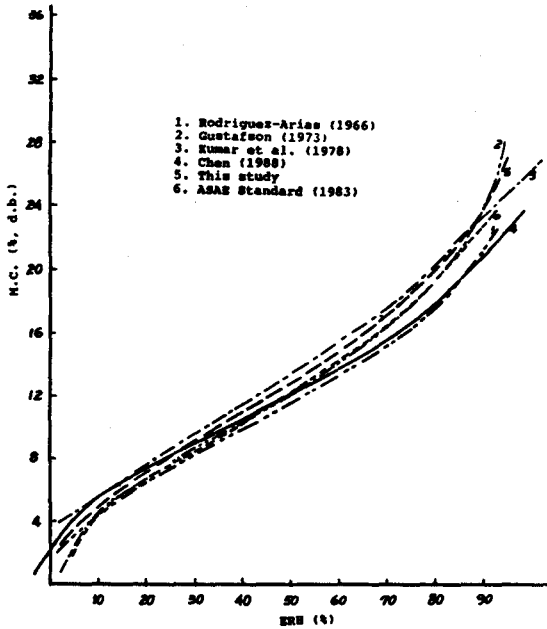
以文獻搜尋所得 25°C 去濕數據與此研究所得結

果加以比較，其數據分佈如圖 7a, 7b。國內之研究數據 (Chang, 1988) 係臺南 15 號品種，與此研究比較結果顯示在 60~80% RH 範圍內相近，而在高與低 RH 範圍則有顯著差異性。在圖 7a 中，含水率分佈範圍之差異性約 2%，圖 7b 中數組數據在低 RH 範圍相近，但在 60% RH 以上之範圍則差異增大。

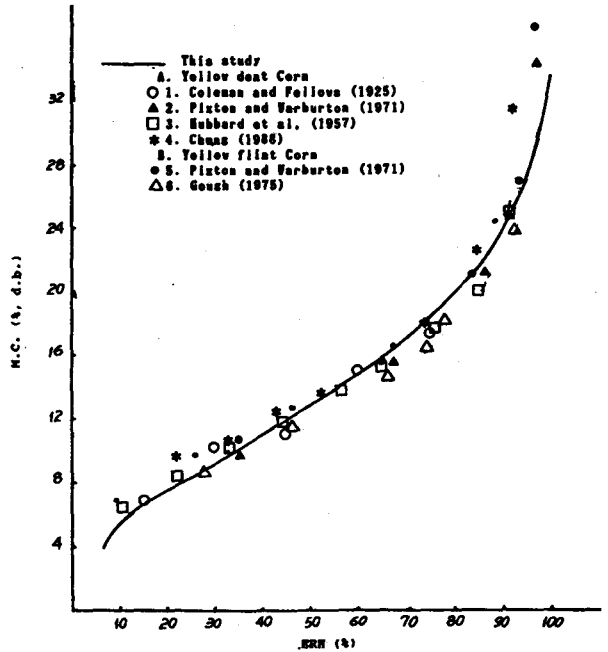
在稻穀產品 ERH/EMC 物性於各文獻數據之比較中 (陳等 (1992))，不同來源的文獻數據十分符合，相同 RH 條件下含水率差異性均在 1.0% 之內，而玉米粒之 ERH 物性則受品種，測定方式……等因素所顯著影響，建立單一之汎用玉米粒 ERH 模式並不合理，不同品種之玉米粒必需各別建立 ERH 資料。

(3) ASAE Standard 之不合理性

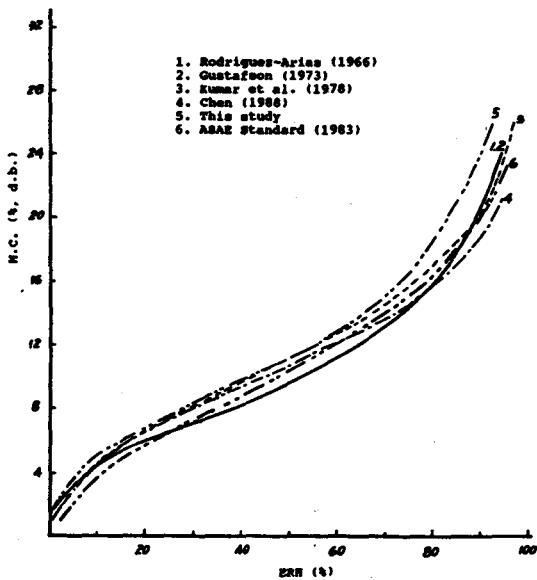
ASAE Standard 中 D245.4 項 (ASAE, 1983) 列舉十一項農產品 ERH/EMC 模式參數值，此標準常為農工界所引用以進行加工作業設計，此標準之建立方式是以文獻收集方式將已知數據綜合合併再以修正 Henderson 與 Chung-Pfof 式執行非線性迴歸，以此評估所得之參數值以為 ASAE 標準 (Pfof et al, 1976)。以玉米粒為例，Pfof 等人 (1976) 綜合四組 EMC 數據：Rodriguez-Arias (1966), Chung 等 (1967)，Gustafson (1973) 與 Pixton 等 (1971)，加以執行非線性迴歸分析。由圖 8 中原始數據與有



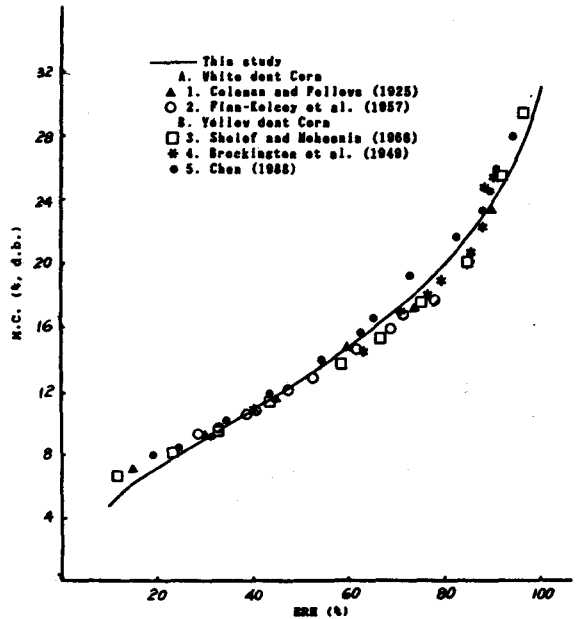
圖六 b 玉米粒25C 六ERH水份等溫線之比較
Fig.6b Comparison of six desorption isotherms of corn kernels at 25 C



圖七 a 數種不同玉米粒25C去濕數據比較
Fig.7a Comparison of desorption data of corn kernels with previously published data



圖六 c 玉米粒50C 六ERH水份等溫線之比較
Fig.6c Comparison of six desorption isotherms of corn kernels at 50 C

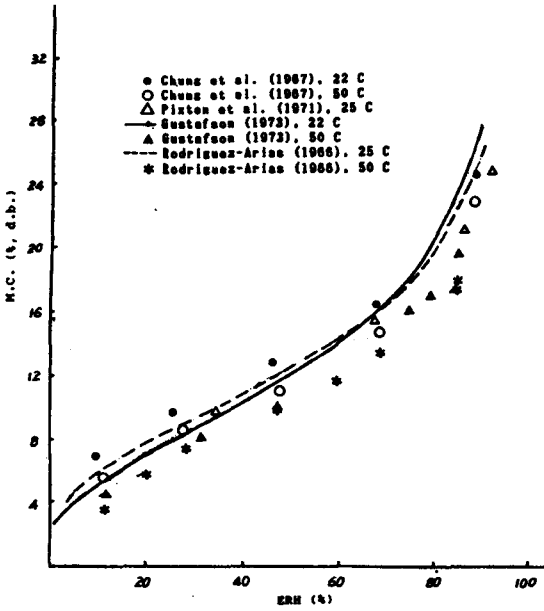


圖七 b 數種不同玉米粒25C去濕數據比較
Fig.7b Comparison of desorption data of corn kernels with previously published data

表三 玉米梗吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準

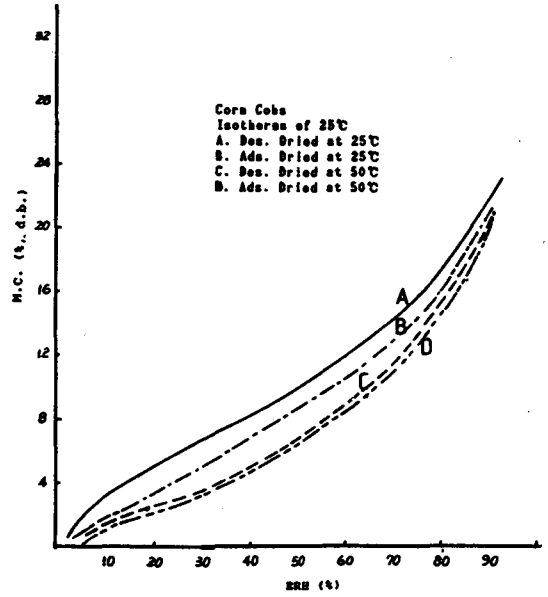
Table 3. Estimated parameters and comparison criteria for four ERH models of sorption data for corn cobs

	Modified -Henderson	Chung -Pfof	Modified -Oswin	Modified -Halsey
25°C drying, Desorption				
A	1.3526*10 ⁻⁵	427.01	11.4530	3.2402
B	1.667	0.1673	-0.563	-1.051*10 ⁻²
C	79.97	84.184	2.4163	1.4809
R ²	0.9904	0.992	0.980	0.950
SE	2.84	2.630	4.05	6.62
P	6.1	5.980	12.47	20.40
RMS	9.12	8.11	18.73	30.0
Plot	U. S.	U. S.	Pattern	Pattern
25°C drying, Adsorption				
A	2.5048*10 ⁻⁵	375.420	9.4440	2.9764
B	1.3683	0.1574	-3.2510*10 ⁻²	-6.8870*10 ⁻²
C	122.210	115.74	2.2124	1.5056
R ²	0.9817	0.9840	0.972	0.956
SE	2.848	2.68	3.51	4.40
P	3.830	3.55	5.36	6.22
RMS	4.630	4.27	7.06	7.48
Plot	U. S.	U. S.	Pattern	Pattern
50°C drying, Desorption				
A	6.5666*10 ⁻⁵	240.850	7.43060	2.226
B	1.0370	0.14175	-3.595*10 ⁻²	-7.307*10 ⁻²
C	123.04	106.04	1.6966	1.3137
R ²	0.9830	0.9780	0.981	0.967
SE	2.73	3.10	3.05	3.789
P	2.87	3.480	3.86	5.260
RMS	3.58	4.31	5.00	7.280
Plot	U. S.	Pattern	U. S.	Pattern
50°C drying, Adsorption				
A	8.0150*10 ⁻⁴	235.140	7.9690	1.8494
B	1.0336	0.1497	-4.3560*10 ⁻³	-8.9720*10 ⁻³
C	93.878	89.600	1.6384	1.108
R ²	0.9880	0.9830	0.977	0.970
SE	2.915	3.496	4.03	4.620
P	5.0	5.91	6.42	7.850
RMS	7.20	8.53	9.95	9.920
Plot	U. S.	U. S.	Pattern	Pattern



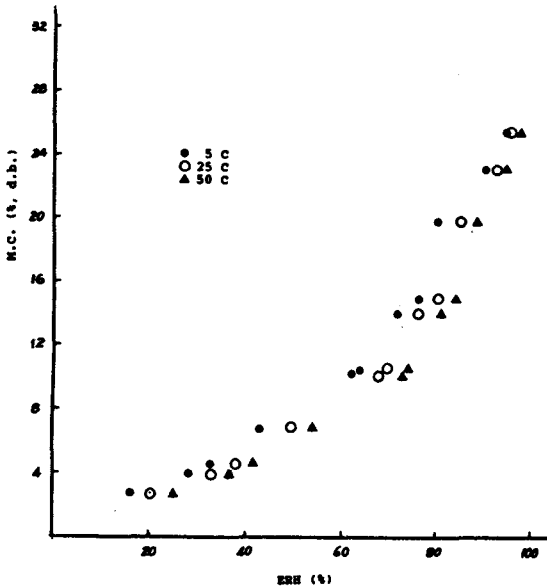
圖八 建立 ASAE Standard D254.4 之玉米粒 E R H 數據

Fig.8. The original desorption data of corn kernels that be used to establish the ASAE Standard D254.4



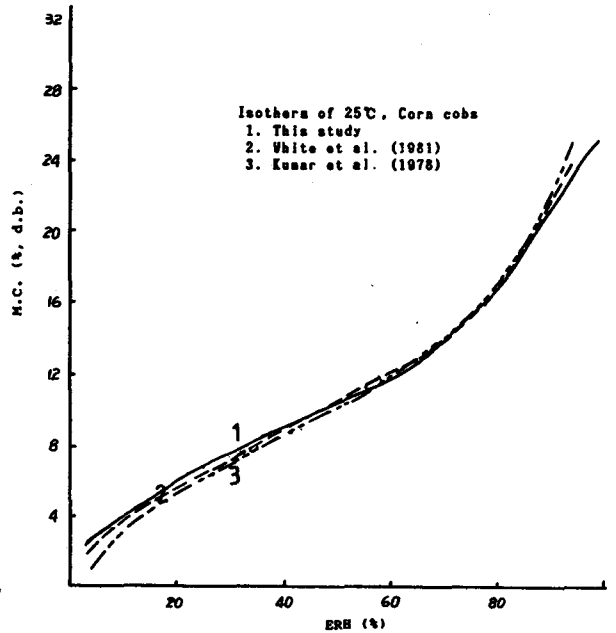
圖十 乾燥溫度對玉米梗等溫水份線之影響

Fig.10 The effect of drying temperatures on the isotherm of corn cobs



圖九 玉米梗25C處理去濕數據

Fig.9. Desorption data of corn cobs dried at 25 C



圖十一 數種不同米梗25C等溫水份線之比較

Fig.11 Comprison desorption isotherms of corn cobs with previously published data

關之等溫水份線之比較可知，各組數據間因品種等因素所影響而有顯著之差異性。忽略此差異性而綜合所有數據以建立標準其合理性值得懷疑，適合國內的玉米粒 ERH 模式標準有自行建立之必要。

(一) 玉米梗 ERH/EMC 物性

玉米梗以25°C熱風乾燥處理之樣本在三溫度下其去濕數據如圖9所示，其分佈近似指數曲線，在相同含水率時溫度增加，平衡相對濕度亦隨之增加。

四種不同處理之樣本，其 ERH, EMC 與溫度之數據關係依非線性迴歸技術分析結果如表三，修正 Henderson 模式可適用所有處理情況。Chung-Pfost 式與修正 Oswin 數據各有其適用之處理對象。

不同溫度處理下去濕與吸濕在25°C之等溫水份線如圖10。玉米梗之遲滯效應十分顯著，且因樣本處理溫度之增加而降低其影響度，在 60% RH 環境，25°C處理之樣本在去濕與吸濕之歷程中含水率有 1.4%之差別，而 25°C與 50°C 之去濕曲線在相同 RH 條件下含水率差異為 3.0%，由此可知乾燥處理溫度之影響能力大於遲滯效應。

不同來源的三組數據其玉米梗於25°C之等溫水份線圖示於圖11。在 40% RH 以上之範圍三曲線之分佈十分相近，而在 40%以下之低 RH 區域，三曲線之差異性在 1.0%之內。Kumar 等人 (1978) 係利用傳統 EMC 方法進行測定，White 等人 (1981) 則利用抽氣方式量取玉米梗間隙空氣之露點溫度進行 ERH 測定，與此次研究比較結果可知不同量測方式，不同品種之量測結果無顯著差異性存在，由此說明建立汎用玉米梗 ERH/EMC 模式之可行性。

五、結 論

綜合上述研究結果之結論如下：

一、玉米粒與梗在兩種乾燥處理溫度下五溫度範圍之去濕與吸濕 ERH 物性已完成量測，並執行其對四 ERH 模式之適稱性比較，模式之參數評估值與比較標準皆列於表中，可提供國內此項農產品加工作業時應用。

二、玉米粒與玉米梗之 ERH 物性受到遲滯性與乾燥處理溫度之影響，在相同 RH 條件下，其持水能力皆降低，乾燥溫度之量化影響較大。

三、與已知文獻比較，不同資料來源之玉米粒

之 ERH/EMC 物性數據其差異性極顯著，各品種必須執行其 ERH/EMC 測定以適用加工作業之需要，而 ASAE 標準之建立方法並不合理，應加以修正。

四、三組玉米梗 ERH 物性數據比較後無顯著性差異，證實此種農產品汎用 ERH 模式應用之可行性。

六、誌 謝

此研究計畫承蒙國科會 NSC80-0409-B055-12計畫之支持得以完成，特此誌謝。

參 考 文 獻

張森富，1988，Henderson 平衡含水率模式之修正及本省主要水稻與玉米之平衡含水率曲線。農業工程學報 34(1)：16-39。

陳加忠，1990，穀物平衡相對濕度性質在農產品儲存上之應用。省農試所技術服務季刊。1(1)：4-7。

陳加忠，曹之祖，1990，稻穀平衡相對濕度性質之研究。中華農業研究。39(4)：247-366。

陳加忠，曹之祖，1991a，落花生平衡相對濕度物性之研究。中華農業研究。40(2)：145-160。

陳加忠，曹之祖，1991b，乾燥溫度對落花生等溫水份平衡線影響之研究。中華農業研究。40(3)：262-273。

陳加忠，曹之祖，1992，稻穀平衡相對濕度物性影響因子之研究，中華農業研究41(3)：排印中。

ASAE, 1983. Moisture relationship of grains. ASAE Standards D254.4 Agricultural Engineering Yearbook 30th ed. ASAE.

Brockington, S. F., H. C. Dorin, and H. K. Howerton. 1949. hygroscopic equilibria of whole kernel corn. Cereal Chem. 32 (6):481-487.

Chen, C. 1988. A study of equilibrium relative humidity for yellow-dent corn kernels. Ph. D. Thesis. University of Minnesota, St. Paul MN.

Chen, C. 1989. The measurement and application of the equilibrium relative humidity of agricultural products. J. of

Chinese Agri. Engin. 35(1):59-69.

Chung, D. S. and H. B. Pfof. 1967. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products, II. Development of the general isotherm equation. Trans. of the ASAE 10:552-555.

Coleman, D. A. and H. C. Fellows. 1925. Hygroscopic moisture of cereal grains and flaxseed exposed to atmospheres of different relative humidities. Cereal Chemistry, 12:275-287.

Gustafson, R. J. 1973. Equilibrium moisture content of shelled corn from 50 to 155°F M. S. Thesis. University of Illinois.

Haynes. B. C., Jr. 1961. Vapor pressure determination of seed hygroscopicity. Tech. Bull. 1229. ARS, USDA, Washington D. C.

Hubbard, J. E, F. R. Earle and F. R. Senti. 1957. Moisture relations in wheat and corn. Cereal Chemistry. 34:422-433.

Kosowski, A. R. 1977. Two methods of comparing equilibrium moisture of grains. M. S. Thesis. Kansas State University.

Kumar, A., F. L. Herum, and J. L. Blaisdell. 1978. Equilibrium moisture contents of intact corn ears and component parts. ASAE Paper No. 78-3054. ASAE. St. Joseph, MI.

Karon, M. L. and M. E. Adams, 1949. Hygroscopic equilibrium of rice and rice

fractions. Cereal Chemistry, 26(1):1-12.

Lynch, B. E. and R. V. Morey. 1989. Control strategies for ambient air corn drying, Trans. of the ASAE 32:1727-1736.

Neuber, E. E. 1980. Critical considerations of moisture sorption isotherms for cereals. ASAE paper 90-3015. ASAE. St. Joseph, MI.

Pfof, H. B, S. G. Maurer, D. S. Chung and G. A. Milliken, 1976. Summarizing and reporting equilibrium moisture data for grains. ASAE paper 76-3820. St. Joseph. MI. ASAH.

Pixton, S. W, Sylvia. 1971. Moisture content/relative humidity equilibrium of some cereal grains at different temperatures. J. of Stored Products Research. 6(4):283-293.

Rodriguez-Arias, J. 1956. Desorption isotherm and drying rates of shelled corn in the temperature range of 40 to 140°F. Ph. D. Thesis. Michigan State University.

Van Ee, G. R. and G. L. Kline. 1979. Faldry-*a* model for low-temperature corn drying systems. ASAE paper 79-3524. St Joseph.

White, G. M, T. C. Bridges, S. G. McNeill and D. G. Overhults. 1985. Equilibrium moisture properties of corn cobs. Trans. of the ASAE 28:280-285.

收稿日期：民國81年6月23日

接受日期：民國81年7月7日