

製茶原料等溫吸濕線之研究

Study of Sorption Isotherms of Tea Leaves for Tea Manufacturing

台灣省農業試驗所
農工系副研究員

台灣省農業試驗所農工系技士

台灣省茶葉改良場研究員

陳加忠
Chia chung Chen

曹之祖
Chih-Tsu Tsao

黃騰峰
J.F.Huang

摘要

在此研究中量測五溫度下製茶原料在三階段之平衡相對濕度，以建立其等溫吸濕線，並利用四個ERH/EMC模式以評估量測數據對模式之適稱性。不同製茶階段之茶葉ERH物性均有顯著不同。持水能力隨製作過程而降低。各階段ERH物性之適用模式亦不相同。以此研究結果與文獻數據比較，顯示茶葉此物性受到製作過程之影響。各種茶葉製品必須建立其特定之物性。

關鍵詞：平衡相對濕度、茶葉、製茶，等溫吸濕線。

ABSTRACT

Equilibrium relative humidity (ERH) data of tea leaves for tea manufacture at three stages were measured at 5, 15, 25, 35, and 50°C to establish the sorption isotherms.

Four ERH models were selected to fit the data. The ERH properties of tea leaves were affected significantly at different stages. The water holding ability of this product was reduced in the manufacturing process. The results of this study with the previously published data, the ERH properties of each product need to be established.

Key Words: ERH, Tea leaves, Tea manufacture, Sorption isotherm.

一、前言

茶葉為中國人特別喜愛之飲料，其製作過程原以人力為主，近年來製茶程過已開始使用一些特定之製茶機械以節省勞力需求，但其操作仍以人為判斷為主。為使茶葉之生產能規格化與自動化，茶葉加工過程之物性基本資料實有建立之必要，以做為加工設備設計之基礎。

在農產品加工作業中，乾燥，貯存，包裝等作業其必需具備之物性資料為平衡相對濕度 (Equilibrium Relative Humidity, ERH)，平衡含

水率 (Equilibrium Moisture Content, EMC) 與溫度之關係。在固定溫度上，描繪平衡相對濕度與含水率之關係曲線，此曲線稱為等溫吸濕線 (Sorption iso-therm)。此研究之工作在於探討茶葉材料自採收後至成品過程中三階段其茶葉製品之ERH/EMC物性關係，以建立其等溫吸濕線，並探討此項物性之各種影響因子。

二、研究目的

此研究之目的如下：

(一)量測茶葉自原料至成品烏龍茶之加工過程中，初

乾，揉捻，全乾三過程其5種溫度下ERH/EMC去濕物性，以建立其等溫吸濕線。

(二)比較製茶過程對ERH物性之影響。

(三)比較此研究結果與已知文獻數據之差異性。

(四)評估適用之ERH模式與其參數值。

三、文獻探討

(一)茶葉製茶過程

茶葉之製作過程因其酵素氧化程度分為不發酵茶，半發酵茶全發酵茶。以半發酵之製造為例，亦可再加分類為烏龍茶，包種茶等。此文之研究即以烏龍茶之製作過程中三階段之製茶原料進行其去濕，加濕等溫吸濕性質測定，此三階段為初乾，揉捻與全乾。在初乾乾燥之熱風溫度在100°C以上而最後全乾階段所用溫度約於75~100°C之間。

(二)茶葉ERH物性

有關茶葉ERH/EMC之相關研究並未完善。國外之研究中，Wolf等人(1973)曾發表三種茶葉在三溫度下之去濕與去濕數據。Jayaratnam等人(1974)發表紅茶於20°C之吸濕數據，日人吉富氏(1985)曾發表茶葉原料其茶梗與葉片在四個固定溫度下之去濕與吸濕數據。國內之研究中，茶改場曾發表四種茶葉在室溫下之吸濕數據(阮與吳氏，1979)。陳與曹氏(1990b)則對兩種烏龍茶葉(團形與條形)進行五種溫度下完整的ERH/EMC物性分析。由七種文獻數據ERH/EMC之等溫吸濕線比較中，不同產品其等溫吸濕線分佈差異性極大(陳與曹，1990b)。

(三)ERH/EMC模式適用性

在工作業中，以數學模式代表農產品ERH，EMC與溫度三者之關係對模擬設計上十分重要。Jayaratnam等人(1974)之研究中以不含溫度項之Henderson公式代表碎茶之等溫吸濕線公式。吉富氏(1985)則比較在定溫下五公式之適用性。阮與吳氏(1979)則利用BET公式計算單層水份值。對茶葉執行包含溫度項之ERH模式評估，首先由陳氏等(1990b)完成。其結果顯示以修正Oswin式對團形與條形烏龍茶之等溫吸濕物性適用最佳。

(四)ERH/EMC物性關係於茶葉品質之應用

利用ERH/EMC關係式所描繪而成之等溫水份線在乾燥作業中可用以計算特定乾燥條件下茶葉所能乾燥之最後含水率。而在品質保存利用時，其單層含水率則用以決定維持品質之最佳含水率，其相對應之相對濕度值約為30~35%(陳與曹，1990b)。

四、材料與方法

(一)實驗材料

此研究所用之茶葉原料係來自茶葉改良場，於其烏龍茶製作過程中，以初乾，揉捻與全乾三階段之茶葉原料進行其平衡相對濕度量測，而不同於以往研究中係利用已完成之成品進行測定。

初乾時取樣之樣本含水率為22%(乾基，以下全文所用含水率均為乾基)，揉捻樣本之含水率21.4%，在此研究中，兩項樣本均利用40°C之熱風調製至預設之含水率，再貯存於250ml之塑膠容器內。進行平衡相對濕度測定時，其歷程屬於去濕過程(Desorption)。

全乾之樣本因係已以高溫(85~110°C)烘乾至3.5%之含水率。此種樣本處理係利用加水調製方式，將樣本依序調整至預定含水率。因此在執行相對濕度測定時，其歷程為吸濕歷程(Adsorption)。

(二)相對濕度感測器：

此研究中平衡相對係利用Vaisala HMD30US感測器加以量測，執行量測之前皆加以校正。

(三)平衡相對濕度量測：

此研究採用「平衡相對濕度依序量測法」，其方法已應用於稻穀與玉米粒此項物性之量測(陳與曹，1990a，1992a，1992b)。量測溫度共五種(5,15,25,35,50°C)。

(四)平衡相對濕度模式：

此研究中所利用之ERH/EMC模式有四種，用以評估其對茶葉此物性數據之適用性。以含水率與溫度表達其對ERH之關係模式如表一a所示。以RH與溫度表達其對EMC之關係模式如表

一b所示。

(五) 模式適稱性評估

四ERH模式對實驗所得數據之適稱性評估標準，在定性方面為模式誤差值對預測值之分佈圖。定量標準為R, S.E, P與R.M.S值，其定義與計算公式已有詳細說明（陳與曹，1990b）。R值愈大，S.E.P與R.M.S值之值愈小，代表模式之量化適稱性愈佳。

五、結果與討論

(一) 茶葉原料ERH物性

烏龍茶葉於初乾，全乾兩階段，在5, 25, 50°C三種溫度下之去濕，吸濕數據如圖1, 2所示。初乾樣本之等溫吸濕線類似S型曲線，全乾樣本之等溫吸濕線類似指數曲線。溫度對等溫吸濕線皆有影響，但其影響性不如農產品中稻穀，玉米粒等之顯著（陳與曹，1992a, 1992b）。

三種樣本其量測所得之五溫度下平衡相對濕度，平衡含水率之關係數據，以非線性迴歸技術評估其對四種ERH模式之適稱性，其參數估計值與各統計量如表二所示。

對初乾樣本之ERH物性而言，僅有修正Oswin為唯一適用之公式，具有最大之R值，最小之P值。Chung-Pfost模式雖然有最小的R.M.S值，但其規則分佈之殘差圖顯示其為不適用之非線性模式。修正Oswin公式具有均勻分佈之殘差圖形，顯示其定性標準之符合能力。

對揉捻之樣本而言，修正Henderson與Chung-Pfost公式殘差圖之分佈情況顯示兩者皆為適用公式，其餘兩公式：修正Oswin公式，修正Halsey式則不適用。

對全乾之樣本而言，僅有修正Halsey公式適用此種用原料。

對日本製作過程之茶葉樣本其EMC數據（吉富均，1985）加以非線性迴歸分析之結果，僅有修正Halsey式為適模式。

由上述結果可知，茶葉原料其ERH/EMC物性在製作過程中逐漸改變，而其適用公式亦為之改變，無法以某一製作階段之等溫吸濕線或其單一模式適用全部製作過程中ERH/EMC關係。

25°C環境下，三種樣本之等溫吸濕線其比較

如圖3所示。在相同相對濕度條件下，初乾樣本之含水率（持水能力）最高，揉捻樣本次之過程中加工乾燥溫度與處理技術（揉製時使樣本形狀改變）之影響，使持水能力為之改變。由此可知不同之茶葉製作方法（乾燥熱風溫度與製作程序），影響了茶葉等溫吸濕線之物性，因而其ERH/EMC關係為之不同。

(二) 與文獻已知數據比較

以此次研究結果初乾與全乾樣本其25°C之等溫吸濕線與日本之研究結果（吉富均，1985）之比較結果圖4所示，日本之數據介於兩曲線之間，由於其文獻內容未說明茶葉樣本乾燥處理時所用之熱風溫度，因此無法說明並量化其差異性是否因乾燥溫度所引起。

四種文獻數據與此研究所得之結果其比較如圖5。等溫吸濕線間相互差異性極大。以50% RH值為例，在相同相對濕度情況下，其含水率之差異性為3.0%。碎茶之持水能力顯著地低下。由稻穀，玉米粒，玉米梗之平衡相對濕度物性研究中，稻穀與玉米梗此物性不受品種之限制，玉米粒則因品種不同而有顯著差異，但乾燥用熱風溫度對此物性之影響則十分顯著（陳與曹，1990a, 1992b）。茶葉製作過程中，由於作業方式與所用乾燥溫度之不同，造成其等溫吸濕線均不相同，不同之茶葉產品其ERH/EMC物性需要自行建立。

以已知文獻中數據比較遲滯性（Hysteresis）對等溫吸濕線之影響。日本之茶葉原料其25°C與45°C之遲滯性比較（吉富均，1985）可知，兩固定溫度下，遲滯性均存在。以茶葉成品（Kamille tea）之吸濕去濕數據比較（Wolf et al., 1973），三固定溫度中，僅5°C之等溫吸濕線具有遲滯性，在相同相對濕度下，含水率差異值均1.0%。對25°C, 45°C之等溫吸濕線而言，幾乎無差異性存在。在此研究中，全乾樣本已為茶葉成品，其吸濕物性與去濕物性應無遲滯性存在，利用此吸濕曲線與初乾，揉捻樣本之去濕物性互相比較（圖3）應屬合理。

(三) 製茶過程中ERH/EMC物性之應用

ERH/EMC物於農產品加作業之應用上，法濕線主要利用於乾燥過程中在一定相對濕度與

溫度條件下決定農產品所能到達之最後含水率。吸濕水份線可用於貯存，包裝作業之參考。而在烏龍茶之品質維持研究中（陳與曹，1990b），平衡相對濕度30~35%RH時之相對含水率數值可用以爲維持最佳品質之指標。由此研究可知，製茶過程中其ERH/EMC物性隨製作過程而改變，因此無法以其單一階段ERH/EMC資料應用於全程之加工作業。每一茶葉成品有其特殊之製作程序與乾燥溫度，因此在執行加工程序設計規畫時，其等溫水份線有自行建立之必要，利用平衡相對濕度測定法可在短時間內建立大量且準確之數據，因此此方法在茶葉生產加工上十分重要。

六、結 論

綜合上述研究結果，所結論如下：

- 一、茶葉產品之製作所用原料其ERH/EMC物性在製作過程中因製作階段而有所改變。此研究中所量測初乾，揉捻與全乾三階段之樣本在固定相對濕度環境下，持水能力（以含水率爲代表），隨製作過程而降低。
- 二、此研究所量測三階段之樣本其ERH/EMC數據之適用模式均不相同，顯示加工過程改變茶葉原料等溫吸線之分佈形狀與其適用模式。
- 三、由已知文獻與此研究結果之比較可知，茶葉之ERH/EMC物性因其製作方法而不同。每一種茶葉產品必須自行建立其ERH/EMC物性資料。

七、誌 謝

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

八、參考文獻

1. 院逸明、吳振鐸，1979，茶葉吸濕性及其水分安全含量簡易呈色檢定法之研究。食品科學 6 (1):6-7
2. 陳加忠、曹之祖，1990a，稻穀平衡相對濕度性質之研究。中華農業研究 39(4):247-266
3. 陳加忠、曹之祖，1990b，烏龍茶葉吸濕性及其品質維持之應用研究。中華農業研究 39(3):239:257
4. 陳加忠、曹之祖，1991，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
5. 陳加忠、曹之祖，1992a，玉米平衡相對濕度性質之研究。中國農業工程學報38(2):85-97
6. 陳加忠、曹之祖，1992b，稻穀平衡相對濕度物性影響因子研究。中華農業研究 41(3):
7. Chen. C. 1989. The measurement and application of the equilibrium relative humidity of agricultural products. J. of Chinese Agricultural Engineering 35(1):59-69
8. Jayaratnam, S. and D. Kirtisinghe, 1974, The effect of relative humidity and temperature on moisture sorption by black tea. Tea Quality 44(4):164-169
9. Wolf, W. S. and G. Jang 1973. Water vapour sorption isotherms of some foods. Lebens Wiss. and Tech. 6(3):94-96
- 10 吉富均. 1985. 製茶原葉の平衡含水率，茶葉研究報告 61:26-35

收稿日期：民國82年2月6日

修正日期：民國82年3月4日

接受日期：民國82年4月24日

表一.a. 四平衡相對濕度模式

1.修正 Henderson 式

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

2.Chung - Pfost 式

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

3.修正 Oswin 式

$$RH = \frac{1}{\frac{A+B*T}{M} + C + 1}$$

4.修正 Halsey 式

$$RH = \text{Exp}(\text{Exp}(A+B*M))$$

Note: RH, 相對濕度(小數點); M 含水率,(%, 乾基); T, 溫度(°C), A, B, 與 C 為常數

表一.b. 四平衡含水率模式

1.修正 Henderson 式

$$M = \left[\frac{\ln(1-RH)}{-A*(T+C)}\right]^{1/B}$$

2.Chung - Pfost 式

$$M = \frac{\ln A}{B} - \frac{1}{B} \ln(-(T+C) \ln RH)$$

3.修正 Oswin 式

$$M = (A+BT) * \left(\frac{RH}{1-RH}\right)^{1/C}$$

4.修正 Halsey 式

$$M = \left[\frac{\text{Exp}(A+BT)}{-\ln RH}\right]^{1/B}$$

表二 茶葉原料製造過程去(吸)濕數據四ERH模式之估計參數與比較標準

	Modified -Henderson	Chung -Pfost	Modified -Oswin	Modified -Halsey
初乾				
A	2.0363*10 ⁻⁴	482.3	10.278	3.1479
B	1.3882	0.1537	-3.617*10 ⁻²	-6.134*10 ⁻³
C	124.76	136.75	2.078	1.514
R	0.969	0.971	0.983	0.973
SE	3.1	3.03	2.34	2.92
P	6.61	4.60	5.00	5.59
RMS	4.90	6.15	3.53	9.161
Plot	Pattern	Pattern	U.S.	Pattern
採檢				
A	8.0576*10	635.12	10.456	3.82
B	1.7955	0.1827	-2.8005*10	-6.4835*10
C	120.96	125.3	2.482	1.803
R	0.986	0.9906	0.984	0.977
SE	2.68	2.32	2.90	3.51
P	6.330	4.81	5.53	10.07
RMS	4.57	3.81	6.85	7.37
Plot	U.S.	U.S.	Pattern	Pattern
全乾				
A	1.9708*10	511.8	8.912	3.018
B	1.3358	0.1666	-2.203*10	-7.936*10
C	180.75	155.0	1.900	1.574
R	0.986	0.983	0.984	0.989
SE	3.05	3.25	3.24	2.65
P	9.98	9.44	6.94	6.76
RMS	6.07	6.02	5.11	4.780
Plot	Pattern	Pattern	Pattern	U.S.

Note: 1. Pattern: Clean pattern distribution
2. U.S.: Uniform scattered

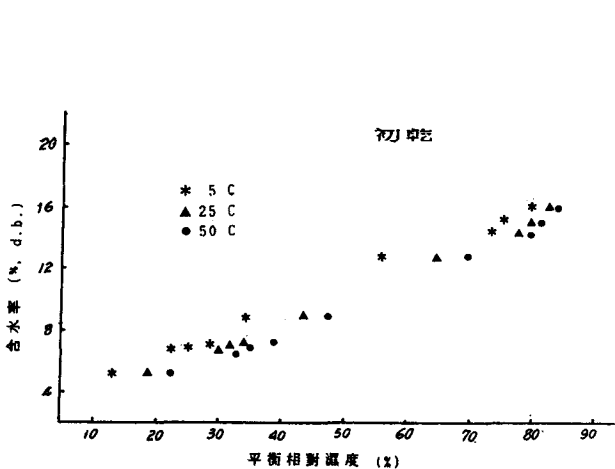


圖1. 茶葉初乾階段去濕數據

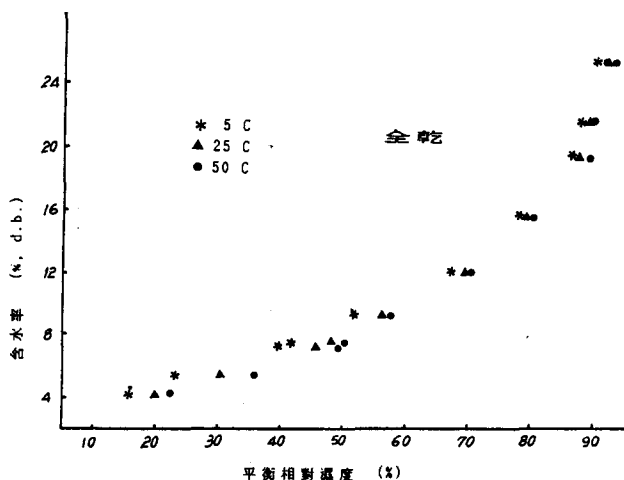


圖2. 茶葉全乾階段吸濕數據

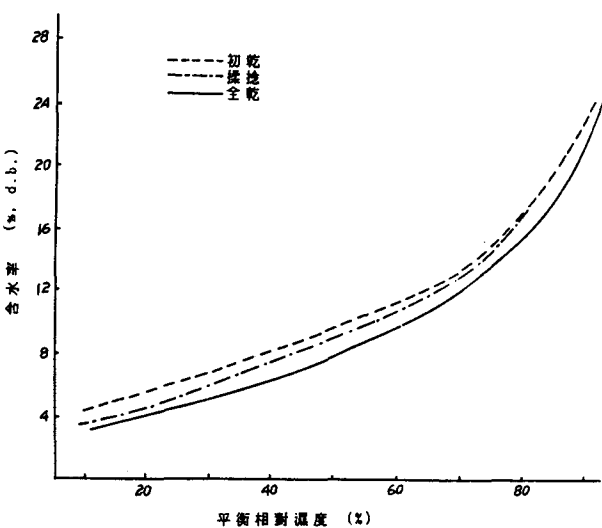


圖3. 製茶三階段25°C等溫吸濕線之比較

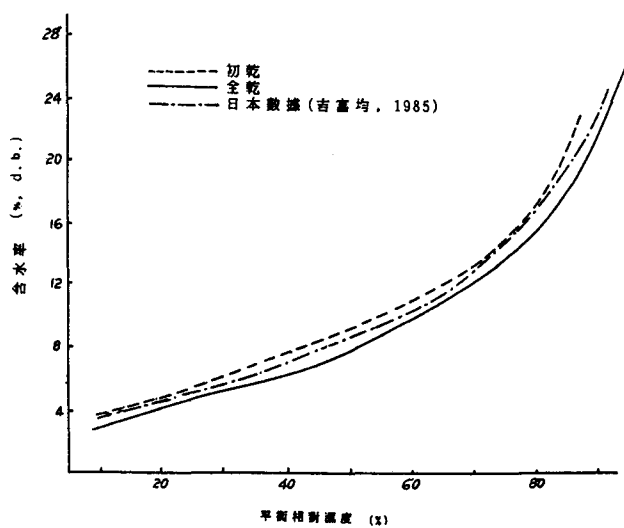


圖4. 三種茶葉25°C等溫吸濕線之比較

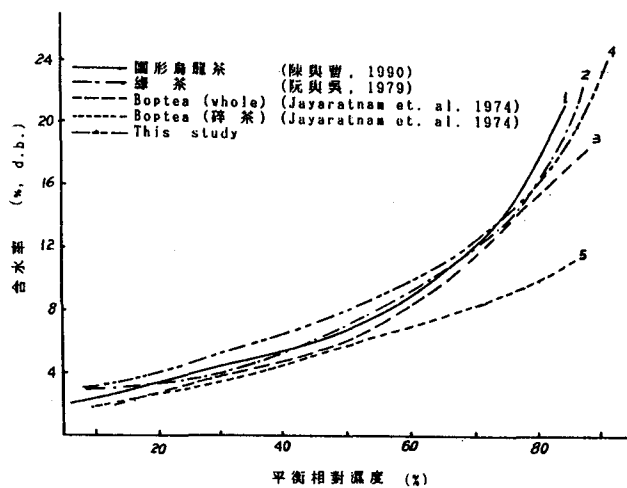


圖5. 數種不同茶葉25°C等溫吸濕線比較