

木耳平衡含水率之研究

Study on the Equilibrium Moisture Content of Jew's Ear

臺灣大學農機系教授

張 漢 聖

H. S. Chang

臺灣大學農工系前研究生

李 國 榮

K. R. Lee

Abstract

So far, drying of Jew's ear has not been mechanized in Taiwan. For the development of dryer for Jew's ear, it is necessary to investigate its equilibrium moisture content (EMC).

EMC of Jew's ear is defined as its moisture content after it has been exposed to a controlled condition (fixed temperature and relative humidity) until the variation of its mass is below 0.001g.

The method of saturated salt solutions was used for this study. EMC for Jew's ear was determined at air temperatures of 10°C, 20°C, 30°C and 36°C respectively with relative humidities of air ranging from 11 to 86.6 percent.

一、前 言

自古以來，中國人對木耳有相當程度的偏好，認為木耳具滋補身體的功能。本省生產的木耳除供國人食用外，並有外銷。

本省木耳生產方式，今非昔比，已經改用太空包，據稱所生產的木耳品質較易控制，產量也多。

木耳採收之後，可立即送往市場出售，不過，大多數是晒乾後再出售。晒乾方便儲存也方便搬運因為體積縮小了許多。新採收的木耳含水率大於80%以上，如不立即乾燥則不出三天就會生霉發臭，商品價值盡失。

晒乾方法，我國數千年來都是沿用日晒法，也就是在平地上攤開來晒。木耳含膠質，晒時必須朵朵分開不能重疊，否則會黏合在一起不易晒乾，也許是這項原因，木耳的乾燥迄今未能被機械化。

現今，本省水稻生產作業機械化已有相當成效，在亞洲僅次於日本高居第二位，其他作物之機械化政府有關單位正在積極進行中。有識者認為臺灣地小人稠，宜應發展高價值園藝作物，木耳必然是

其中的一項。木耳生產作業中最需要機械化的應該是乾燥。筆者曾與木耳生產農民交談，農民深盼有木耳乾燥機，木耳一年四季都可以生產，故乾燥機的利用效率高，值得開發。

為開發木耳乾燥機，則必須先探討本省木耳之平衡含水率，因為有了木耳平衡含水率之資料，就可知道在某一周圍空氣狀況下木耳之最終水份含量，於是進行木耳乾燥試驗木耳應乾至何種程度即可決定，而不致有過乾而浪費能源或乾燥不足而致不耐儲藏的現象發生。

本研究之目的在探討一般常用之 10°C, 20°C, 30°C, 及 36°C 等溫度時木耳之去濕及吸濕平衡含水率曲線，這些曲線除可供木耳乾燥作業參考外亦可作為今後木耳儲藏的重要參考資料。

二、材料與方法

(一)採用鹽類控制法

平衡含水率(Equilibrium Moisture Content, EMC)即為一吸濕性物體(Hygroscopic

product)，當其內部水蒸氣壓和外界水蒸氣壓達到平衡時之水份含量。在此平衡狀態下，物體周圍空氣之相對濕度稱為平衡相對濕度。農產品平衡含水率常隨(1)農產品之品種(2)農產品之成熟度(3)測定過程(吸濕或去濕過程)(4)相對濕度測定法(5)測定平衡含水率方法等五項因素而有所差異。一般在大氣狀況下，平衡含水率之測定方法有三種：(1)靜置平衡法(2)動態平衡法(3)真空測蒸汽壓法。靜置法係將物體置於靜空氣中，使之漸漸達到平衡。動態法乃係利用機械使物體周遭之空氣流動，因而達到平衡。真空測蒸汽壓法乃放物品入真空瓶中直接測量其蒸氣壓 [2] 本研究係採用靜置平衡法，取其簡單、成本低且亦不失所測定木耳平衡含水率之正確性。靜置法測定時必須在等濕狀態下測定，故空氣之溫度由恆溫控制器予以控制，而物品周圍空氣之蒸氣壓可利用酸或鹽類餉和液予以控制 [2]。因為酸具有危險性又其濃度在長期實驗中不易控制，易造成誤差，而飽和鹽基除較酸安全外，較易維持飽和狀態，水分一旦蒸發，鹽液即行沈澱，液面上要對濕度可維持一定值，故本研究採用鹽類控制法 [2]。

(二)使用之儀器設備

本研究所使用的儀器設備有(1)化學天平 (Chyo, SD-160 型，準確度 $5 \times 10^{-4}g$)。(2)恆溫控制箱 (準確度 $1^{\circ}C$)。(3)烤箱。(4)相對濕度控制瓶十六個。(5)不銹鋼支架十六個。(6)不銹鋼承盤十六個。(7)銅鈎一支。(8)乾燥器。

直徑 12 cm 圓柱型廣口瓶係用來做為相對濕度控制瓶，不銹鋼承盤直徑 8cm，盤上鑽有許多 1mm 的小孔。化學天平係用來測量木耳重量變化，銅鈎則將承盤和天平結合，整個結合如圖 1 所示

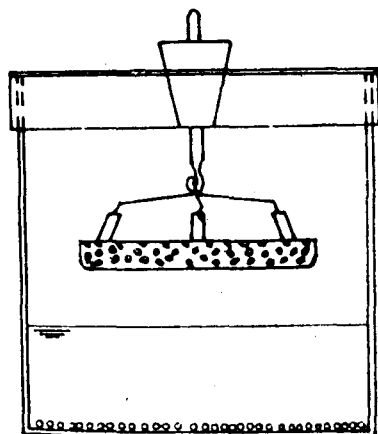


圖 1 相對濕度控制瓶

。烤箱用以協助木耳之初期含水率之測量，支架用來防止測定中不慎掉下，而影響測定進行，乾燥器則用來使乾燥後木耳冷卻。

(三)樣品及測定程序

木耳樣品來自年夏季臺灣大學實驗農場所種植同期太空包所產紅色野生種木耳，將同一天所生產木耳乾燥至含水率 15% 左右，利用塑膠袋密封裝以待測定研究。

和光牌一級原裝試藥被用來控制瓶內之相對濕度，Spencer[5] 和 Hedlin[6]，Wexler[7]，Acheson[8]，Gustafson[9] 列出多種飽和鹽基以控制保持各種溫度下之平衡相對濕度如表 1。由表 1 可知有少數鹽基有不同的相對濕度，表中括弧內所列為歐美所引用與日本不同者，如未列括弧者表其值相同。測定前根據表 1 所列選出其中八種足以控制相對濕度 11 至 87%。首先將一級試藥放置於控制瓶中，加入適量蒸餾水配 200ml 成的過飽和鹽溶液，靜置一天察看確定是否有結晶沉澱。測定前二小時將恆溫控制箱設定於所要溫度，以確保恆溫控制箱溫度之平衡。測定分二部分進行，如為去濕過程，則預先於前一天將木耳放入密箱中，並分散使其能達均衡狀態，每個待測盤秤約 4 至 5 g 重木耳，將之放入預先調好相對濕度之控制瓶中。利用塑膠塞將之垂吊於鹽基飽和液上，利用電器膠布密封控制瓶，並將其放入恆溫箱中。每隔一至二天測量一次直至變化量在 0.001g 以內方停止。若為吸濕過程則預先將木耳放於設定溫度 $75 \sim 85^{\circ}C$ 烤箱中烘烤，使其水份含量降至 3% 以下，於測定前一小時取出放入乾燥器中，加以冷卻，每待測盤秤 3 至 4 g 重的木耳，並將其放入控制瓶中，利用塑膠塞將之垂吊於鹽溶液上並密封放入恆溫箱中，每隔一至二天測量一次，直至變化在 0.001g 內停止。測定時無論為吸濕或去濕過程均利用精密化學天平秤約 6 g 重木耳三盤，放入設定 $105^{\circ}C$ 烤箱中，烘烤 24 小時，以測其初期含水率。

三、結果與討論

木耳逐漸在空氣中失去水分而達於水分平衡狀態時稱為去濕平衡；而乾木耳在濕氣較高之空氣中吸收水份，最後達到平衡狀態，稱為吸濕平衡。木耳在 $10^{\circ}C$ ， $20^{\circ}C$ ， $30^{\circ}C$ 與 $36^{\circ}C$ 等四種不同溫度以及相對濕度 11% 至 87% 間之吸濕及去濕平衡

表1 鹽基飽和溶液的平衡相對濕度(%)

鹽 類	溫 度 (°C)									
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
LiCl	14.7	13.9	12.8 (13.3)	11.6 (13.0)	11.3 (12.7)	11.3 (12.4)	11.2 (12.1)	11.2 (11.6)	11.1 (11.4)	— (11.2)
CH ₃ COOK	25.1	24.5	24.0	23.4	22.8	22.2	21.6	—	—	—
MgCl ₂ ·6H ₂ O	33.7	33.6	33.4 (34.2)	33.2 (33.8)	33.0 (33.4)	32.8 (33.0)	32.6 (32.6)	32.1 (32.0)	31.4 (31.5)	— (30.8)
K ₂ CO ₃ ·2H ₂ O	43.5	42.5	43.3	43.3	43.3	43.2	43.2	40.0	—	—
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	60.2	58.6	57.7 (57.8)	57.7 (56.4)	54.6 (54.9)	52.7 (53.5)	51.3 (52.0)	48.3 (49.5)	46.3 (47.0)	— (44.6)
NaNO ₃	—	—	—	—	60.0	64.4	63.0	61.5	59.8	58.1
CuCl ₂ ·H ₂ O	68.6	68.6	68.6	68.6	68.5	68.5	—	—	—	—
NaCl	75.7	75.6	75.6	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	74.7	—
	—	—	(75.4)	(75.5)	(75.5)	(75.5)	(75.5)	(75.2)	(74.8)	(73.9)
K ₂ CrO ₄	86.6	86.6	86.6	86.5	86.5	86.4	86.4	86.4	86.5	86.5

() 內 Gustafson[9] 資料

過程，分別繪於圖2—9其相關之平衡含水率則列於表2。

由圖2—9可知，不論去濕或吸濕過程，其平衡含水率均可於6天內達到。同時，由圖2—9可知，吸濕平衡較去濕平衡為快，因之，去濕平衡含水率較吸濕平衡含水率為高，其間之差異除少數外

，均在2%以內。

表2，為本研究重要結果。由表2可查知四種不同空氣溫度在八種不同空氣相對濕度下木耳之去濕與吸濕平衡含水率。假如空氣濕度在30°C，相對濕度在57.7%時，木耳之平衡含水率為14.87%（乾基）。

表2 10°C, 20°C, 30°C 和 36°C 木耳平衡含水率 (d.b%)

溫 度	相 對 濕 度 %							
°C	12.8 (13.3)	24.0	33.4 (34.2)	43.3	57.7 (57.8)	68.6	75.6 (75.4)	86.6
10*	7.81	10.94	12.77	14.86	17.43	19.60	22.69	28.50
10#	5.36	7.91	10.50	12.91	15.78	19.56	22.67	28.45
	11.3 (12.7)	22.8	33.4	43.3	54.6 (54.9)	60.0	75.5	86.5
20*	6.98	9.77	12.11	14.24	16.50	19.05	22.40	27.80
20#	5.08	7.52	10.10	12.31	15.02	17.87	21.77	27.75
	11.2 (12.1)	21.6	32.6	43.2	51.3 (52.0)	63.0	75.5	86.4
30*	6.91	9.36	11.22	13.47	14.87	17.83	20.73	27.15
30#	4.74	7.02	8.84	10.61	12.72	16.16	20.41	27.14
	11.2 (11.8)	21.0	32.3	41.3	49.5 (50.5)	62.1	75.5	86.4
36*	4.47	7.25	8.52	11.15	12.45	15.35	19.11	24.18
36#	3.64	5.49	8.37	10.17	12.19	14.78	18.32	24.18

*: 去濕過程

: 吸濕過程

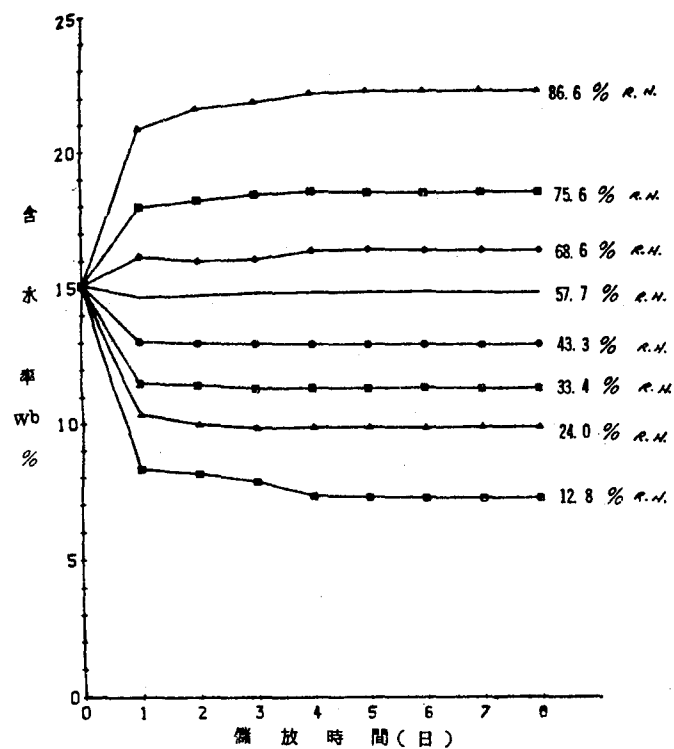


圖 2 10°C 木耳去濕過程含水率對相對濕度時間變化

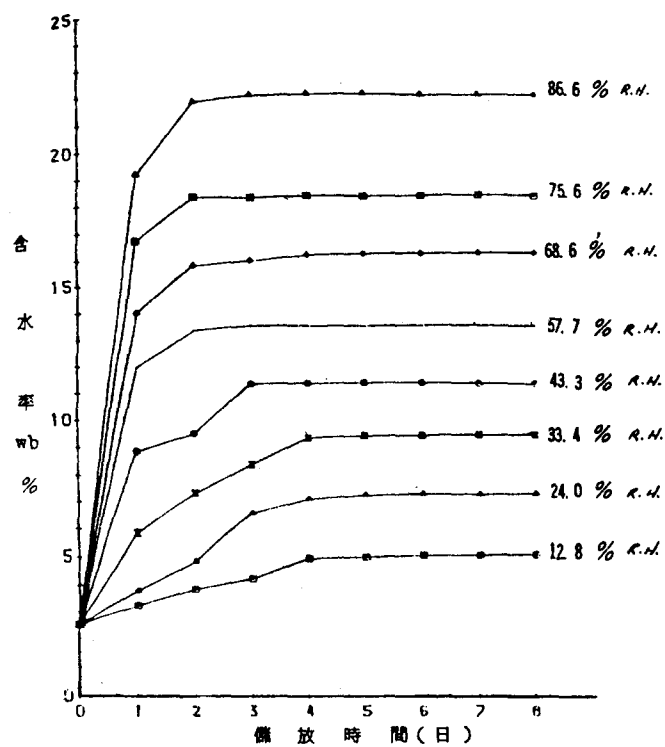


圖 3 10°C 木耳吸濕過程含水率對相對濕度時間變化

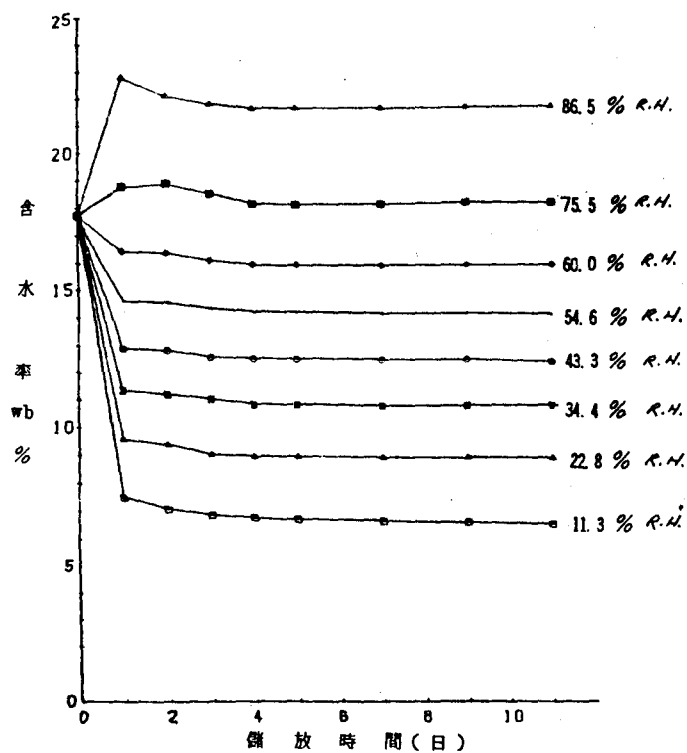


圖 4 20°C 木耳去濕過程含水率對相對濕度時間變化

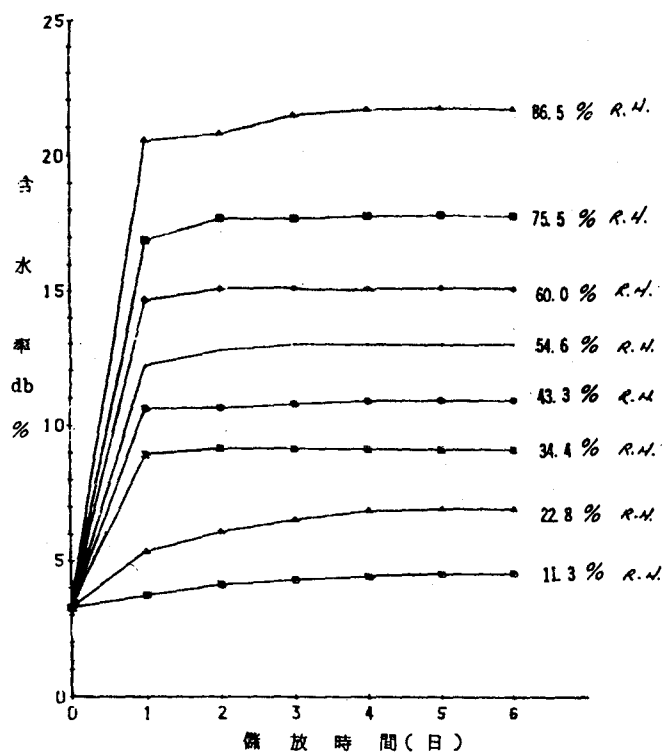


圖 5 20°C 木耳吸濕過程含水率對相對濕度時間變化

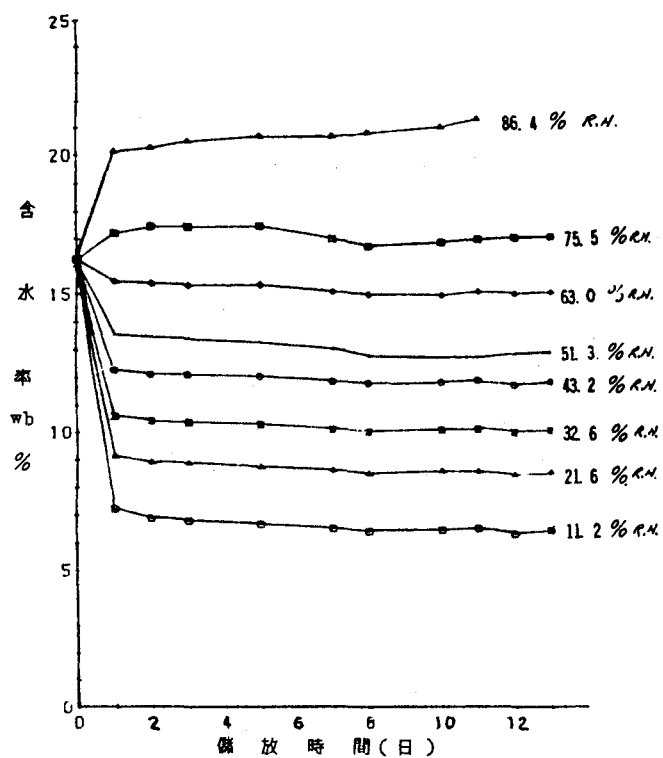


圖 6 30°C 木耳去濕過程含水率對相對濕度時間變化

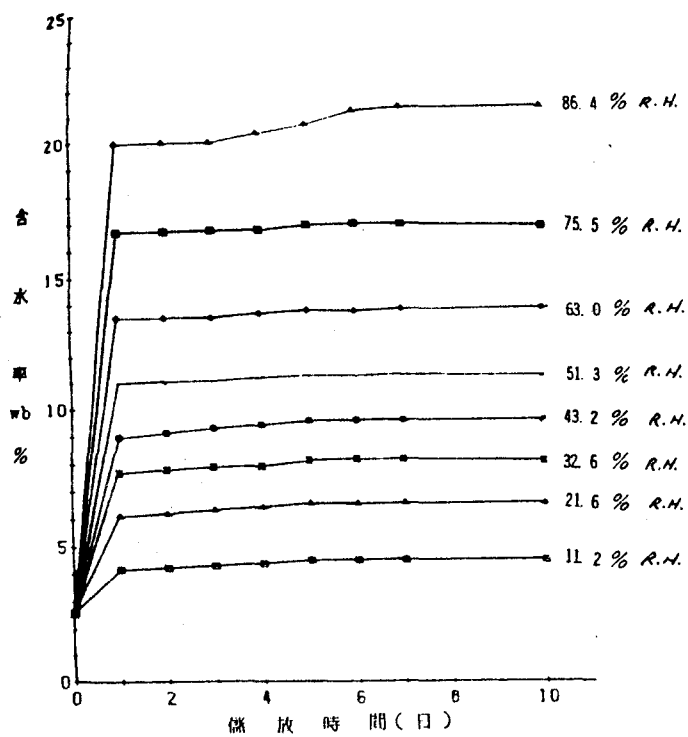


圖 7 30°C 木耳吸濕過程含水率對相對濕度時間變化

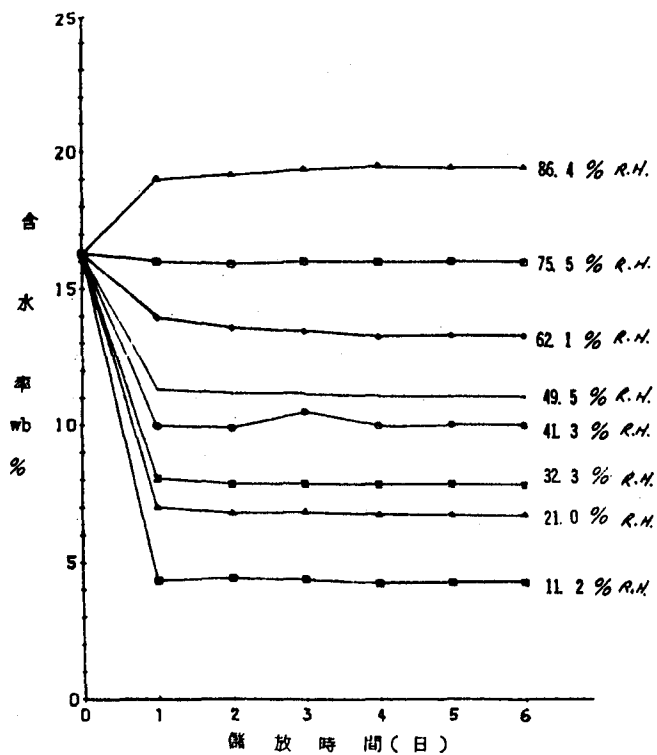


圖 8 36°C 木耳去濕過程含水率對相對濕度時間變化

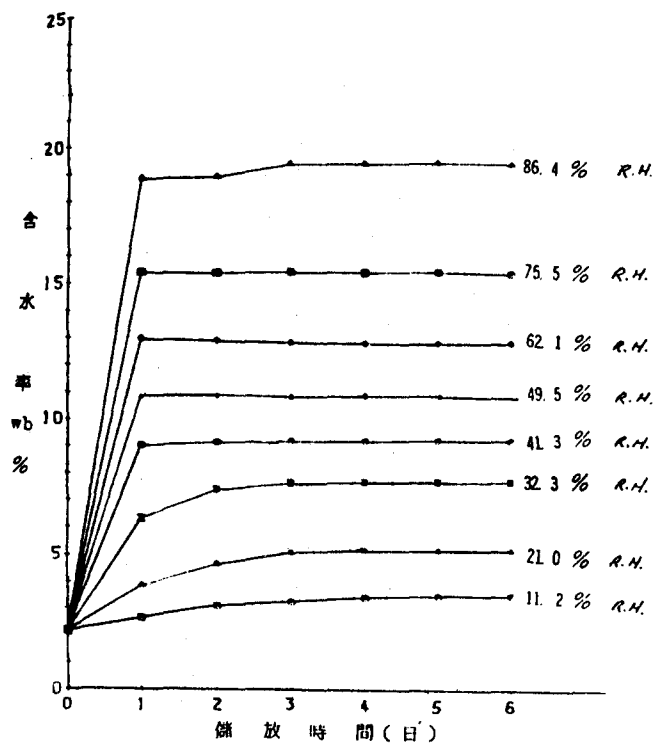


圖 9 36°C 木耳吸濕過程含水率對相對濕度時間變化

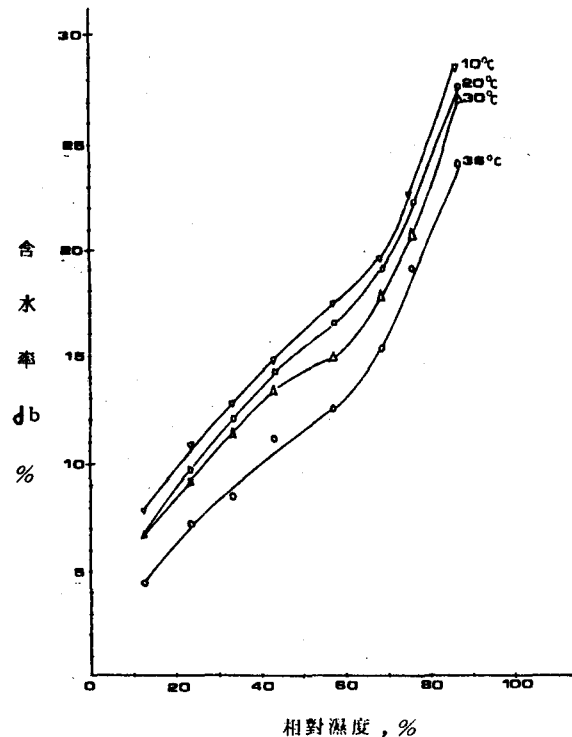


圖10 木耳等溫平衡含水率曲線(去濕過程)

表2顯示，在相同相對濕度條件下，空氣溫度升高則木耳之平衡含水率減少，例如在相對濕度57.7%情況下，10°C時其平衡含水率為17.43%，而在36°C時則其平衡含水率為12.45%，顯見溫度升高木耳平衡含水率減少。

將表2，取溫度一定之條件下繪製圖10，圖10為木耳等溫平衡含水率曲線。由圖10顯示木耳平衡含水率與相對濕度之關係曲線呈S形，其相對濕度約高於80%之後，平衡含水率上升甚速，此種現象查與其他農產品性質相同。(本研究並試以Henderson Equation及Chung-pfost Equation預估木耳平衡含水率結果甚佳，有興趣讀者可參閱本文「參考文獻」第1號)

誌謝

本文承農會計畫71農建-4.1-產-137(1)號資助得以完成。復承臺大農機系陳貽倫教授、盧福明副教授、張森富及李庭槐講師等多人或提供資料或提供寶貴意見或慨允協助使用儀器等，受益良多，在此敬致謝忱。

參考文獻

1. 李國榮 1983 木耳平衡含水率 臺灣大學農業工程學研究所碩士論文。
2. 馮丁樹譯 1978 穀物乾燥 徐氏基金會出版，臺北
3. 張森富 1980 各類平衡含水率研究 中國農業工程學報第二十六卷第三期
4. 熊中果 1981 促進食用菇(菌)類生產之初步探討 行政院農發會
5. Spencer, H.M. 1926 Laboratory Methods for Maining Constant Humidity International Critical Tables Vol. 1: 67-68 McGraw-Hill, New York
6. Hedlin C.P. Trofimenkoff, F.N. 1965 Relative Humidities over Saturated Solutions of nine Salts in the Temperature Range from 0 to 90°F Humidity and Moisture, Vol. 3: 519
7. Wexler, A, Hasegama S. 1954 Relative Humidity-Temperature Relationships of Some Saturated Salt Solutions in the Temperature Range 0°C to 50°C J. Res.Nat. Bur. Stand, Vol. 53: 19
8. Acheson, D.J 1965 Vapor Pressure of Saturated Aqueous Salt Solutions Humidity and Moisture Vol. 3: 521
9. Robert J. Gustafson, Glenn E. Hall 1974 Eguilibrium Moisture Content of Shelled Corn from 50°F to 155°F Transactions of A.S.A.E.