

稻米儲藏條件影響碾米率與脂肪酸度之研究

Effects of Storage Conditions on Milling Yield and Fat Acidity of Rice

臺大農工系客座副教授

臺大農工系研究生

李 廣 武

徐 開 民

K. W. Lee, Ph.D.

K. M. Hsu

Abstract

Experiments were conducted on Tainan No. 5 "Bon-lai" rice to investigate the influences of storage time, temperature and moisture content on milling yield and fat acidity changes under different environmental conditions. Selected rice grains, both paddy and brown rice, were stored under three temperatures (15, 22, and 30°C) and five relative humidities (43, 66, 75, 86, and 96 %) until equilibrium moisture content was reached. The storage time of rice used for milling test was 90 days and for fat acidity test was 100 days.

McGill Miller No. 2 and Burrows Sieve No. 608 were employed in milling test. The results had shown the majority of the broken rice resulted in milling was due to internal cracks already existing before milling. High moisture content, high temperature, and long storage period will also cause breakage during milling.

Both temperature and moisture content had great effects on the milling yield of rice. The milling yield of rice (both paddy and brown rice) decreased as moisture content increased. The milling yield of rice slightly increased as temperature increased. The storage time had no significant effect on milling yield of paddy; but the milling yield of brown rice decreased after 60 days of storage.

Petroleum ether was used to extract oil from brown rice for determining its fat acidity. Fat acidity was expressed as the number of milligrams of potassium hydroxide required to neutralize the free fatty acids in 100 grams of dry brown rice.

Temperature, moisture content and storage time all had significant effects on fat acidity changes of brown rice. Low temperature and moisture yielded a lower fat acidity value of stored grain.

Second degree regression equations were developed for describing the relationship between milling yield or fat acidity and storage conditions for the rice grain stored at different closed conditions.

一、前 言

稻米是我國的主要糧食，臺灣的可耕地中三分之一以上都用於生產水稻，本省糙米的年產量約有 270 萬噸，大部份以稻穀狀態散裝貯藏於穀倉中，需要經過 6 至 18 個月後方才消費。米在市場上是以精白整粒的形態出售，而全粒米的售價較碎米高甚多。因此在稻米加工過程中（包括收穫、乾燥、搬運、碾米）應盡量避免造成碎米。過去，許多學者研究稻米在收穫、乾燥與碾米時造成米粒破損的原因。有些研究工作證實環境條件的改變會影響穀類的物理性質。

臺灣屬於亞熱帶海洋性氣候、終年燠熱潮濕。在這種環境下，長時間儲藏極可能會嚴重地影響稻米的品質。本研究目的在探求不同儲藏條件下稻米碾米率與脂肪酸度所受的影響，知道了稻米品質與儲藏條件的相互關係，我們或能訂定出一個較合理的標準來設計本省稻米的貯藏系統。

二、目 的

本研究的目的可分為兩部份：

(一)碾米部份：

1. 探求在不同儲藏溫度、相對濕度及儲藏時間下稻米破裂的情形。
2. 探求在不同儲藏溫度、相對濕度及儲藏時間下稻米的碾米率。

(二)脂肪酸部份：

1. 探求在不同儲藏溫度、含水率下糙米脂肪酸度的變化。
2. 探求儲藏溫度、相對濕度、儲藏時間對糙米脂肪酸度變化的影響。

三、文 獻 探 討

(一)碾米時的破損問題

碾米時所造成米粒破裂對碾米業是一個重要的經濟問題。依照 Grist (1959) 的資料美國的稻穀碾米率平均是 57% 的全粒米，有 11.5 % 的米在碾米時破碎。

碾米的過程可分為四個步驟，即清選、脫殼、精白及分級。米粒從脫殼開始即可能產生破裂 (Smith 1951)。許多因素都能影響碾米率與全粒米率，如水稻生長期的天候環境，收穫時稻穀的成熟度與含水率，乾燥的方法等都可能使米粒在碾米時破裂 (Matthew 1970)。

河野長盛 (1965) 證實低溫貯藏的糙米較常溫貯藏者有較高的碾米率。Kunze 等 (1965) 認為環境條件（溫度及濕度）的迅速變化能造成米粒的罅隙與洞裂。造成罅隙的原因是穀類吸收四週空氣中的水份所致，碾米時米粒受到外力，往往由這些裂縫處分開而造成碎米。

最近，許多研究者對於稻米的物理性質已有深入的研究。李廣武 (1972) 指出稻米的機械性質與含水率、品種和環境溫度有關，當米粒的含水率增加時其強度則降低。馬從衆 (1974) 也得到和李氏相似的結論。

綜觀前述，過去的研究很少注意到儲藏的條件對碾米率的影響，因此進一步研究儲藏環境與碾米率間的關係是有必要的。

(二)儲藏期中脂肪酸度的變化

儲藏期中穀類脂肪酸度變化的情形已被許多學者詳加研究 (張森富 1976, Hunter 1951, Zeleny 1938)。脂肪酸度的變化速率主要受到儲藏溫度與穀類含水率的影響，在儲藏穀類的各種化學變化中，脂肪水解較蛋白質、醣類之水解都快。因此脂肪酸的含量如果予以適當的分析與解釋，可當作穀類變質的一種指標。

脂肪酸度是指脂肪水解的度量，亦即中和 1 克脂肪中游離脂肪酸所需氫氧化鉀毫克數。本文採用單位則為中和 100 克乾糙米中游離脂肪酸所需氫氧化鉀之毫克數來表示。

四、實驗材料與步驟

(一)實驗材料：臺南 5 號硬稻。

(二)選別方式：以肉眼逐粒檢視，只有完整、色澤正常、沒有絲毫裂痕的糙米，與飽滿、成熟、色澤正常的稻穀方才用於碾米實驗。稻米分析資料如下表所示：

臺南 5 號硬稻分析資料

糙米：	好 米	罅裂米	壞 米 (包括青米、腹白米等)
重量(克)	8580	12802	8531
百分比%	28.68	42.80	28.52
稻穀：	好 穀	壞 穀	夾雜物
重量(克)	7729	6317	226
百分比%	54.15	44.26	1.59

(三)儲藏方式：糙米與稻穀分別儲藏於 10 公升氣密罐

膠桶中，桶內裝有足量飽和鹽溶液，並有適當的支架、網孔袋與網孔淺盤以盛裝稻米。

四儲藏條件：三種溫度（15°C, 22°C, 30°C）及五種相對濕度（43%, 66%, 75%, 86%, 96%）的不同組合條件。稻米與這些環境條件達成平衡含水率時算作儲藏時間的第零天。碾米實驗的稻穀與糙米儲藏 90 天。脂肪酸實驗的糙米儲藏 100 天。對照實驗的稻穀置於塑膠盆中，開放大氣環境下儲藏。

(五)含水率測定：糙米含水率測定方式依造美國加州西區農業實驗室規定標準。稻穀含水率測定方式依照美國農業化學協會（A. O. A. C.）規定標準。本實驗採用濕基（Wet basis）計算所有樣品的含水率。其計算公式如下：

$$\text{含水率, \%} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

其中 A = 不銹鋼皿全重，克

B = 乾前（樣品重+皿重）全重，克

C = 乾後（樣品重+皿重）全重，克

(六)碾米實驗：McGill Miller No. 2 碾米機用於碾米實驗（圖 1），重錘置於加壓桿末端。樣品重量是 162 ± 0.02 克，碾米時間是 60 秒，該碾米機特性可見圖 2，當樣品重量一定時，全粒米率與碾米時間呈負相關，其相關係數為 $r^2 = 0.98$ 。

碾米率的計算方式如下：

$$\text{碾米率, \%} = \frac{\text{碾後(全米+碎米)全重}}{\text{碾前樣品全重}} \times 100\%$$

碾過的樣品使用 Burrows 篩子 608 號分選全米與碎米，篩子孔徑分別為 6.5/64, 6/64, 5.5/64 英寸。第一篩為全粒米，第二篩以下算作碎米。

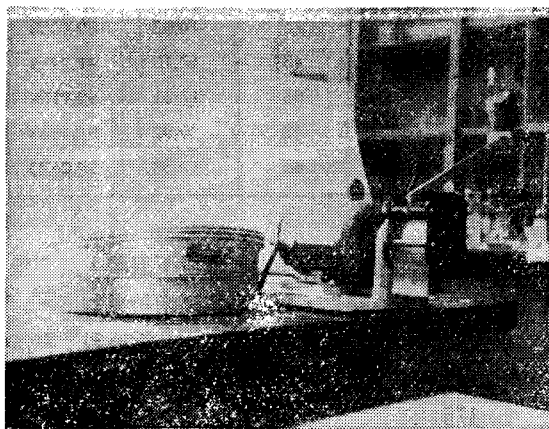


圖 1 McGill Miller No. 2 與 Burrows 篩子 No.608

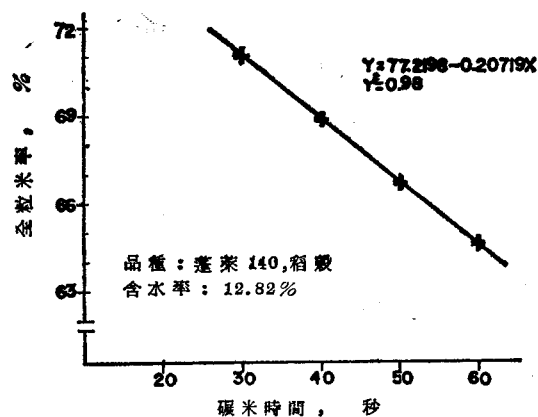


圖 2. McGill Miller No.2 全粒米率與碾米時間的關係

(七)脂肪酸度測定實驗：測定與計算方式依照美國穀物化學協會 A.A.C.C. Approved Method 02-01 規定標準。（張森富 1976）

五、實驗結果與分析

(一)平衡含水率

臺南五號 稻米與 儲藏條件 達成的 平衡含水率如

下：

類別	溫度°C	相對濕度 %			
		43	66	75	86
稻穀	15	10.61	13.54	14.84	16.85
	22	10.03	13.11	14.53	※
	30	9.50	12.57	13.76	※
糙米	15	11.23	13.78	14.96	17.13
	22	10.47	13.49	14.52	※
	30	9.81	12.52	14.13	※

※部份相對濕度 86 % 及全部相對濕度 96 % 的樣品，未達到平衡含水率前均已發霉。

結果顯示在同一環境條件下，糙米的平衡含水率一般要較稻穀為高。在同一相對濕度的條件下，溫度較高時平衡含水率較低。

(二)碾米實驗

1. 碾米所產生的碎米

完整無裂縫的糙米在各儲藏條件下，達到平衡含水率後，經過碾米產生碎米的情形如下：

溫度 °C	相對濕度 %	含水率 %	時間	碎米比率	備註
15	75	14.96	儲藏第0天起	小於0.05%	
22	75	14.52	儲藏第0天起	小於0.02%	儲藏第39天發霉
30	66	12.52	儲藏第30天起	小於0.1%	
30	75	14.13	儲藏第0天起	小於0.05%	儲藏第18天發霉

從上表觀察，當含水率超過 14 % 時，碾米就會造成碎米。當溫度較高，儲藏時間較長時亦會在碾米時產生碎米。

對照實驗係分成兩組置於大氣環境下開放儲藏，一組是經過挑選完整無裂縫的糙米，一組是全部胴裂或表皮損傷的糙米。從第一次碾米實驗起，完整糙米的一組即產生 0.2 % 的碎米，碎米產生的原因可能是因為大氣環境經常改變使得完整的米粒產生應力胴裂，因而在碾米時造成碎米，或者因為碾米時受到機械力而產生碎米。全胴裂米的一組碾米時則產生 2 % 的碎米，大部份的胴裂米在碾米時並未破裂。

2. 糙米碾米率

各儲藏條件下糙米的碾米結果如表 1 所示。從表上可以看出碾米率隨含水率的增加而降低。在同一相對濕度下碾米率隨溫度的增加而增加。儲藏第 90 天的碾米率較之儲藏第 60 天者顯著的降低。

兩組對照實驗的平衡含水率隨時間有顯著的變化，含水率與碾米結果如下：

儲藏時間 天	完整糙米		全胴裂米	
	含水率 %	碾米率 %	含水率 %	碾米率 %
145	13.00	90.4962	13.01	90.0199
175	10.89	91.4197	10.65	91.1601
205	14.21	89.8428	14.15	89.5366
235	13.56	90.3641	13.50	90.1038

從上表可看出完整糙米的碾米率較全胴裂米為高，這是因為全胴裂米在碾米時產生細碎的米屑隨米糠一同損失無法收集，所以全胴裂米碾米率較低。

3. 稻穀碾米率

各儲藏條件下稻穀碾米的結果如表 2 所示。從表上亦可看出當含水率增加時則碾米率降低。在同一相對濕度下，除 22°C，75% 相對濕度條件外，溫度增加碾米率隨之增加。各種不同的儲藏時間下，碾米率沒有顯著變化。

表 1. 各儲藏條件下糙米碾米率

儲藏時間 天	溫度 °C	相對濕度 %	糙米含水率	糙米碾米率	
			%	%	
0	15	43	11.58	91.0657	
		66	13.73	90.4045	
		75	15.12	89.3898	
		22	43	10.47	91.6351
			66	13.62	90.2648
			75	14.54	89.6438
	30	43	9.92	91.6822	
			66	12.51	90.4723
			75	14.13	89.7898
		15	43	11.09	91.4323
			66	13.86	90.0731
			75	14.83	89.4986
30	22	43	10.58	91.5819	
		66	13.47	90.1579	
		75	14.50	89.6369	
	30	43	9.72	91.8747	
			66	12.70	90.5226
			—	—	—*
	60	15	43	11.04	91.4723
			66	13.76	89.9612
			75	14.92	89.5122
		22	43	10.37	91.5633
			66	13.31	90.2264
			—	—	—*
90	30	43	9.79	91.7578	
		66	12.34	90.2562	
		75	14.82	89.4008	
	15	43	10.71	90.9917	
		66	13.66	89.6747	
		75	14.82	89.4008	
22	43	10.10	91.2916		
		66	13.31	90.1164	
		75	14.82	89.4008	
30	43	9.92	91.4833		
		66	12.33	90.0620	

* 發霉

對照實驗的稻穀置放於大氣環境下儲藏，其平衡含水率亦有顯著的變化，含水率與碾米結果如下：

儲藏時間	含水率 %	稻穀碾米率 %
145	12.97	75.1983
175	10.80	75.7810
205	14.08	74.3500
235	13.34	74.5100

從上表亦可看出最高的含水率其碾米率最低，最低的含水率其碾米率最高。

表 2. 各儲藏條件下稻穀碾米率

儲藏時間 天	溫 度 °C	相對濕度 %	稻穀含水率 %	稻穀碾米率 %	
0	15	43	10.76	75.1092	
		66	13.52	74.7500	
		75	14.84	74.5615	
		86	16.85	73.9333	
	22	43	10.14	75.5145	
		66	13.17	74.7941	
		75	14.54	74.5114	
		30	43	9.50	75.8094
	30	15	66	12.69	74.8584
			75	14.37	74.5628
			—	—	—*
		22	43	10.52	75.3500
66			13.64	74.7713	
75			14.64	74.6043	
60	15	—	—	—*	
		43	9.91	75.7831	
		66	13.05	74.9102	
		75	14.67	74.3942	
	22	43	9.31	75.8020	
		66	12.51	74.9639	
		—	—	—*	
		75	14.92	74.4992	
	30	43	10.02	75.6497	
		66	13.03	74.8802	
		75	14.50	74.3746	
		30	43	9.64	75.5618
90	15	66	12.47	74.9923	
		43	10.67	75.3380	
		66	13.59	74.6287	
		75	14.97	74.5738	
	22	43	10.06	75.3112	
		66	13.21	74.7131	
		75	14.42	74.4604	
		30	43	9.56	75.4848
	30	66	12.64	74.8593	

* 發霉

(三) 脂肪酸度實驗

各儲藏條件下糙米脂肪酸度的變化如表 3 所示。

表 3. 各儲藏條件下糙米脂肪酸度

儲藏時間 天	溫 度 °C	相對濕度 %	糙米含水率 %	糙米脂肪酸 度*	
0	15	43	11.06	56.22	
		66	13.89	62.71	
		75	15.11	67.43	
		86	17.13	79.35	
	22	43	10.34	59.94	
		66	13.27	65.14	
		75	14.54	68.45	
		30	43	9.56	61.64
	25	15	66	12.52	66.02
			75	14.31	69.43
			—	—	—**
		22	43	11.36	56.95
66			13.75	62.89	
75			14.68	72.37	
50	15	—	—	—**	
		43	10.74	65.25	
		66	13.35	69.53	
		75	14.35	71.10	
	22	43	9.59	65.81	
		66	12.78	70.80	
		—	—	—**	
		75	14.93	72.88	
	30	43	11.34	57.80	
		66	13.73	63.46	
		75	14.93	72.88	
		22	43	10.47	64.78
75	15	66	13.52	70.24	
		—	—	—**	
		43	10.10	66.46	
		66	12.86	72.30	
	22	43	11.24	58.02	
		66	13.83	63.24	
		75	14.81	73.03	
		30	43	10.57	65.69
	30	66	13.16	69.38	
		43	9.64	65.95	
		66	12.58	71.78	
		75	14.74	72.50	
100	15	43	11.10	58.10	
		66	13.95	64.49	
		75	14.74	72.50	
		22	43	10.50	65.50
	22	66	13.16	69.60	
		43	9.73	66.74	
		66	12.59	72.18	

* 毫克氫氧化鉀/100克乾糙米 ** 發霉

從表上可以看出糙米脂肪酸度隨時間、溫度、含水率的增加而增加。對照實驗的糙米開放大氣環境下儲藏，其脂肪酸度的變化情形如下：

儲藏時間	含水率%	脂肪酸度
106	13.68	59.37
126	13.50	62.72
157	13.10	65.60
182	12.50	69.14
207	12.42	73.36
232	14.04	82.30

六、討 論

變異數分析用來決定何者為影響實驗結果的重要因子。在各項實驗中獨立變異數分別為 1) 時間，2) 溫度，及 3) 含水率。在各變異數分析中所有的實驗觀測值都先轉變成自然對數值來計算。轉換的目的在使變異數均勻並且與平均數獨立，並使每一項處理下的數據更能接近於常態分配。

(一) 碾米實驗的討論

1. 含水率的影響

稻米的含水率對碾米率的影響最大。一般說來，碾米率與含水率呈相反的變化。當稻米的含水率增加時其碾米率便降低，所有實驗值與其含水率之關係如圖 3。本實驗中碾米率的最高與最低值如下：

類別	溫度 °C	相對濕度%	含水率%	碾米率%
稻穀	30	43	9.5	75.8094
	15	86	16.85	73.9333
糙米	30	43	9.72	91.8747
	15	75	15.12	89.2996

如上表所示糙米碾米率的變化要大於稻穀。

2. 溫度的影響

稻米碾米率隨溫度的增加而略有增加，這是因為在同樣相對濕度下，較高的儲藏溫度，稻米有較低的平衡含水率，因此有較高的碾米率，其變化情形如下：

溫度 °C	稻穀碾米率%	糙米碾米率%
15	74.7959	90.3087
22	74.9077	90.4713
30	75.2215	90.6556

以上每一數值代表同一溫度下，不同相對濕度儲藏稻米碾米率的幾何平均值。由此可以看出不同溫度下，稻穀碾米率變化要大於糙米如圖 4 所示。

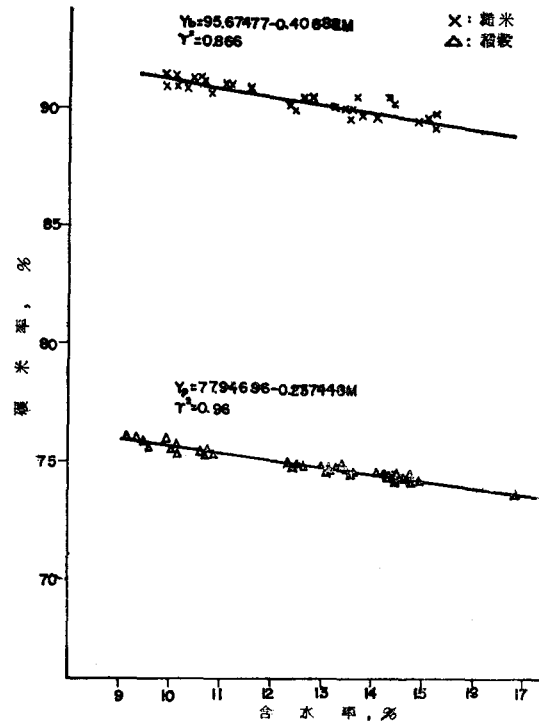


圖 3. 稻米碾米率與含水率的關係

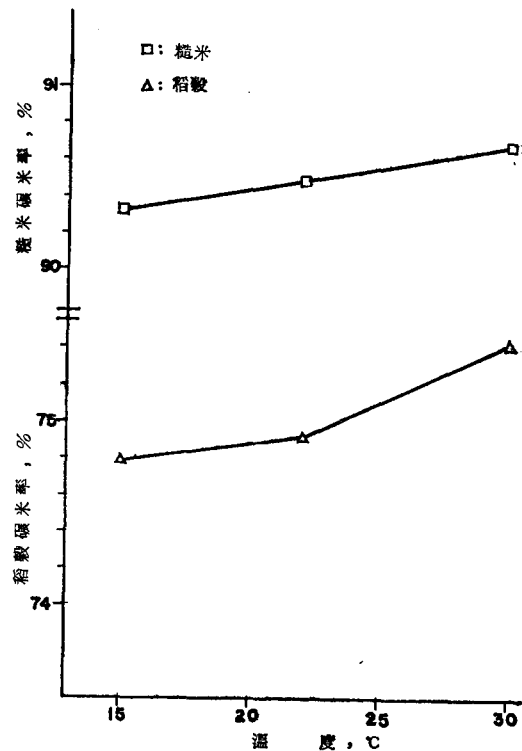


圖 4. 碾米率與儲藏溫度間的關係

3. 儲藏時間的影響

儲藏時間對稻穀碾米率沒有顯著影響，這可能是因為本實驗儲藏時間不夠長的緣故。糙米碾米率在儲藏第 90 天時有顯著地降低，其結果如圖 5。一般而言，長時間儲藏會使穀粒變質而顯著影響稻穀的碾米率。

4. 溫度、含水率的聯合影響

各條件下碾米率的幾何平均值（表 4）用於計算儲藏條件與碾米率的關係。二次複迴歸模式用於建立方程式來預測碾米率。對碾米率 Y 與儲藏溫度 T ，平衡含水率 M 的迴歸方程式如下：

i 糙米

$$Y_B = 0.0202064 + 0.027252 T - 0.0011954 T^2 + 15.4026 M - 0.6388685 M^2 - 0.000363079 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.98$$

ii 稻穀

$$Y_P = 0.0224086 + 0.0331149 T - 0.00144235 T^2 + 12.9109624 M - 0.5391034 M^2 - 0.00114919 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.98$$

從這兩個公式計算的碾米率值與實驗值作一比較，顯示二者之間差異甚小。圖 6 及圖 7 表示稻米碾米率的相關曲面。

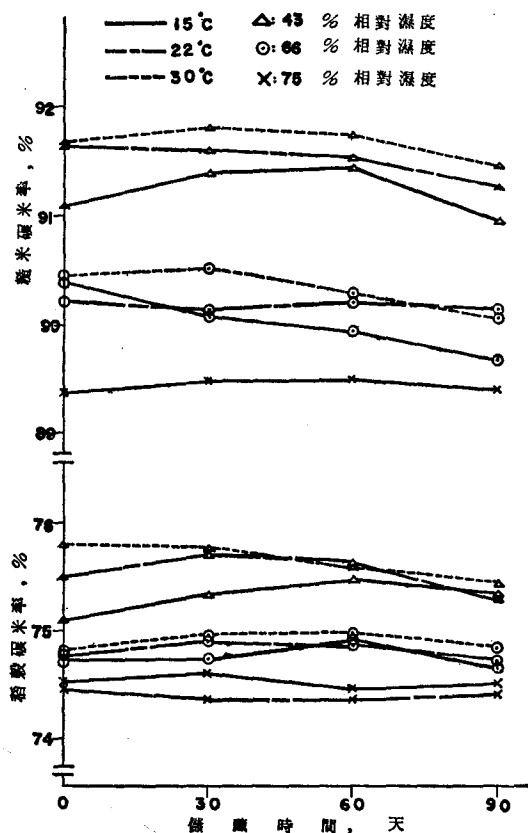


圖 5. 碾米率與儲藏時間的關係

表 4. 稻米碾米率實驗幾何平均值與預測值的比較

溫度 °C	稻穀含水率 %	稻穀碾米率, %		溫度 °C	糙米含水率 %	糙米碾米率, %	
		實驗值	預測值			實驗值	預測值
15	10.61	75.3166	76.3094	15	11.10	91.2402	92.3534
	13.54	74.76	75.9415		13.73	90.028	91.128
	14.84	74.5597	72.8138		14.92	89.45	87.6693
22	10.03	75.4868	75.0623	22	10.38	91.5178	91.0027
	13.11	74.8243	76.3076		13.49	90.1914	91.4532
	14.53	74.4351	73.4463		14.52	89.6403	88.878
30	9.50	75.6644	73.3704	30	9.84	91.6993	89.3575
	12.57	74.9184	76.3745		12.47	90.3281	92.3518
	13.76	74.5628	74.8061		14.13	89.7898	89.6922

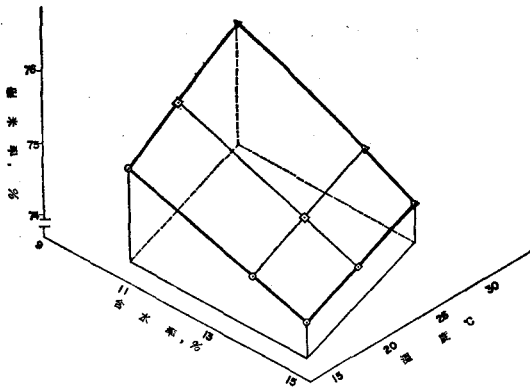


圖 6. 糙米碾米率的相關面

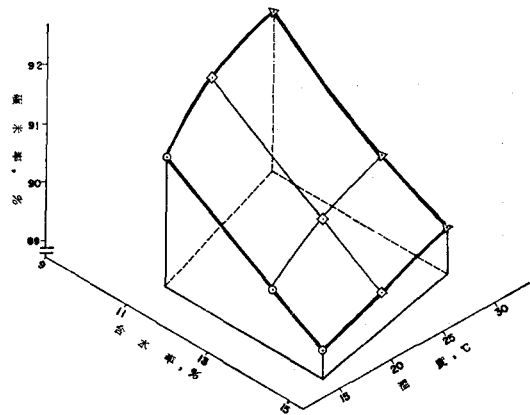


圖 7. 稻殼碾米率的相關面

(二) 脂肪酸度實驗的討論

1. 儲藏時間的影響

糙米的脂肪酸度隨儲藏時間的延長而增加。由圖 8 可看出在本實驗中，從儲藏第 25 天起各條件糙米的脂肪酸度就沒有顯著的變化。張森富 (1976) 提到密閉儲藏下的糙米脂肪酸度，經過三個月的儲藏以後就沒有顯著的變化。本實驗樣品在室溫下密閉放置 60 天後始放入控制條件下儲藏，經過 27 天後糙米陸續達到平衡狀態，此時糙米脂肪酸度的變化已經趨近零。因此在 15°C，相對濕度 43% 與 66% 的條件下糙米脂肪酸度沒有顯著變化，其他條件的脂肪酸度變化在儲藏第 25 天後亦很快趨近穩定狀態。基於以上因素，本實驗中糙米脂肪酸度隨時間的變化較小。

在張氏實驗中，儲藏溫度 72°F，含水率 14.45% 在儲藏第 207 天時脂肪酸度為 69.55 酸度單位，本實驗中溫度 22°C (71.6°F)，含水率 14.35% 在儲藏第 25 天時為 71.10 酸度單位，二者數值相當接近。

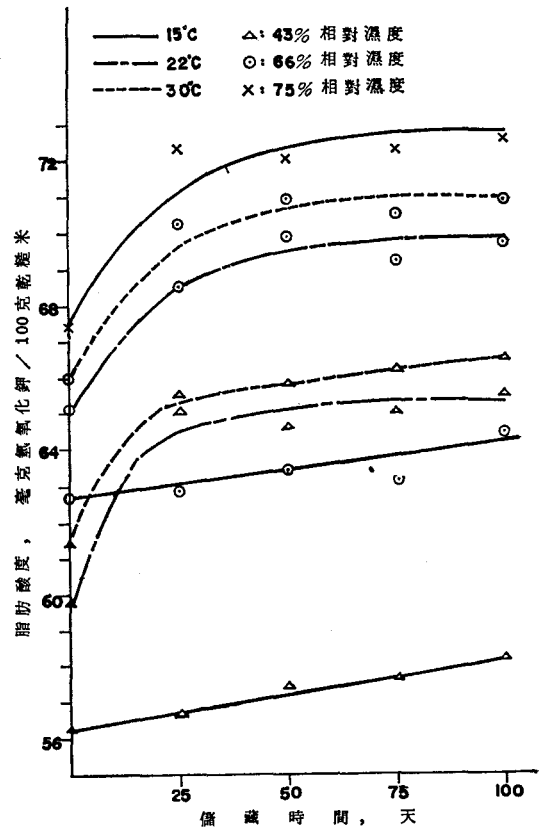


圖 8. 各儲藏條件下糙米脂肪酸度與時間的關係

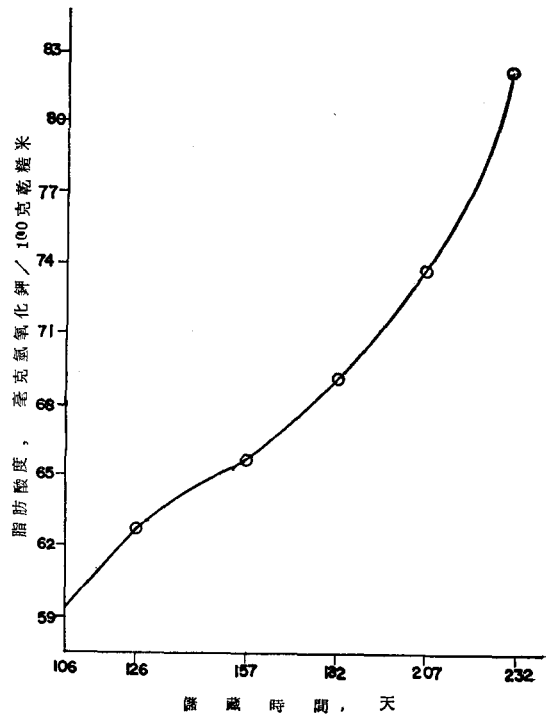


圖 9. 開放大氣儲藏糙米脂肪酸度變化

對照實驗開放於大氣儲藏的糙米，其脂肪酸度變化如圖 9。在儲藏第 232 天時脂肪酸度升高加速，是因為糙米受環境影響，含水率較高的緣故。

2. 含水率的影響

含水率對糙米脂肪酸度有顯著的影響，糙米含水率愈高其脂肪酸度亦愈高，即使在 15°C 的低溫，75 % 與 86 % 相對濕度下儲存的糙米仍產生高含量的脂肪酸，由圖 10 可看出 15°C 時脂肪酸度與含水率的關係。

3. 溫度的影響

溫度對糙米脂肪酸亦有顯著的影響。儲藏溫度愈高則糙米脂肪酸度亦愈高，圖 11 顯示 66 % 相對濕度時，糙米脂肪酸度與不同儲藏溫度間的關係。

4. 時間、溫度與含水率的聯合影響

糙米脂肪酸度 F 與溫度 T ，平衡含水率 M ，及儲藏時間 θ 的二次複迴歸方程式如下：

i 當儲藏第 0 天時 ($\theta=0$)

$$F = 0.1076 + 0.0601746 T - 0.00285887 T^2 + 7.27626 M - 0.2390637 M^2 + 0.04087 (T \times M)$$

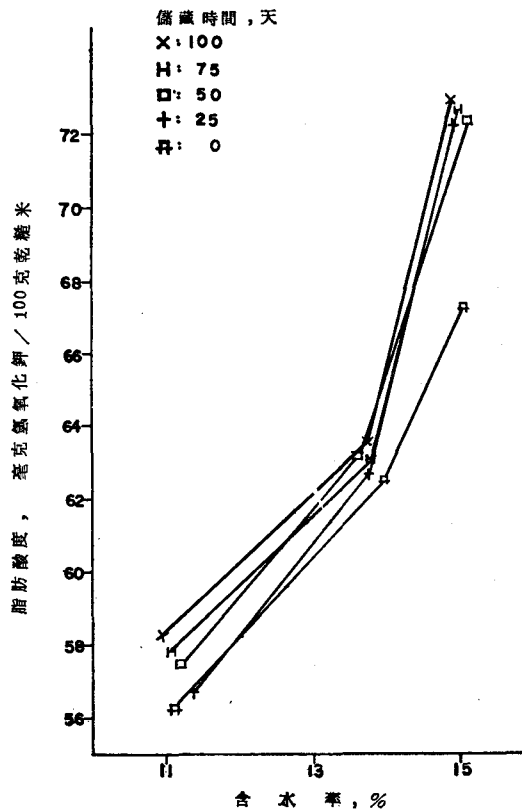


圖 10. 15°C 時糙米脂肪酸度與含水率的關係

$$r^2 = 0.96$$

ii 當儲藏第 25 天時 ($\theta=25$)

$$F = 0.1062 + 0.05109 T - 0.00262785 T^2 + 7.07663 M - 0.22901 M^2 + 0.05687 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.91$$

iii 當儲藏第 50 天時 ($\theta=50$)

$$F = 0.06392 + 0.0156389 T - 0.000981137 T^2 + 6.89696241 M - 0.20851 M^2 + 0.054135 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.94$$

iv 當儲藏第 75 天 ($\theta=75$)

$$F = 0.94113 + 0.71764764 T - 0.0334761 T^2 + 3.44889 M - 0.03020344 M^2 + 0.11769 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.98$$

v 當儲藏第 100 天時 ($\theta=100$)

$$F = 0.0847689 + 0.0414108 T - 0.00206766 T^2 + 7.2713032 M - 0.2376238 M^2 + 0.0563895 (T \times M)$$

$$r^2 = 0.95$$

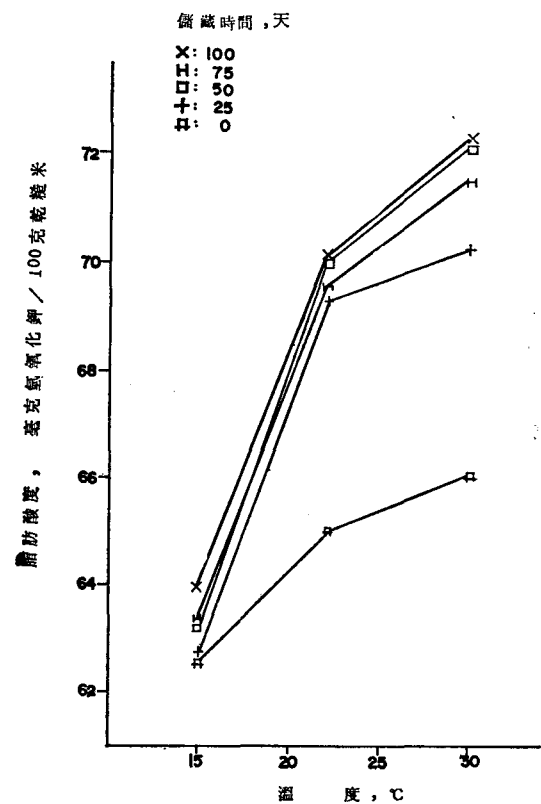


圖 11. 66 % 相對濕度下糙米脂肪酸度與溫度的關係

這五個方程式各相對應項係數間無法求得一個相互關係。表 5 表示糙米脂肪酸度的實驗值與計算值的比較，顯示二者差異很小。圖 12 表示在第 0 天時糙米脂肪酸度的相關面。

表 5 糙米脂肪酸度的實驗值與預測值的比較

儲藏時間 天	溫 度 °C	含 水 率 %	脂 肪 酸 度 *	
			實 驗 值	預 測 值
第 0 天	15	11.06	56.22	58.37
		13.89	62.71	63.82
		15.11	67.43	64.99
	22	10.34	59.94	59.02
		13.27	65.14	66.44
		14.54	68.45	68.37
	30	9.56	61.64	58.78
		12.52	66.02	68.32
		14.31	69.43	72.05
第 25 天	15	11.36	56.95	60.81
		13.75	62.89	66.02
		14.68	72.37	67.34
	22	10.74	65.25	62.98
		13.35	69.53	70.32
		14.35	71.10	72.30
30	9.59	65.81	62.43	
	12.78	70.80	74.11	
	14.93	72.88	68.69	
第 50 天	15	11.34	57.80	60.68
		13.73	63.46	66.62
		14.93	72.88	68.69
	22	10.47	64.78	61.75
		13.52	70.24	71.17
		10.10	66.46	64.44
第 75 天	15	11.24	58.02	58.96
		13.83	63.24	70.50
		14.81	73.07	74.77
	22	10.57	60.69	60.97
		13.16	69.38	74.76
		9.64	65.95	56.82
第 100 天	15	11.10	58.10	61.06
		13.95	64.49	67.23
		14.74	72.50	68.25
	22	10.50	65.50	63.17
		13.16	69.60	70.86
		9.73	66.70	64.18
		12.59	72.18	74.64

* 毫克氫氧化鉀/100克乾糙米

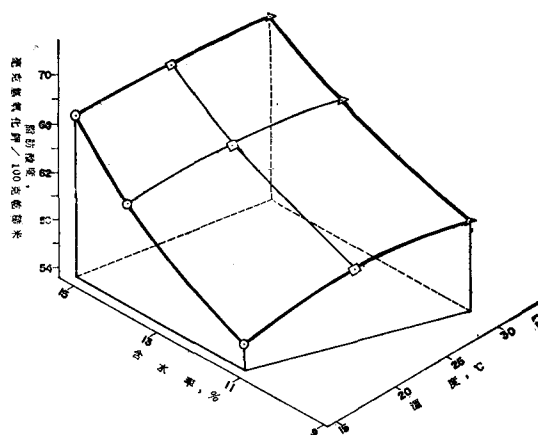


圖 12 儲藏第 0 天糙米脂肪酸度的相關面

七、結 論

從實驗結果，可以得到以下結論：

1. 碾米時產生的碎米大部份是由胴裂米破裂造成的。
2. 完整無胴裂的糙米其含水率超過 14%，或是含水率在 12.52% 而儲藏溫度 30°C 與儲藏後第 30 天起，在碾米時亦會破裂而產生碎米。
3. 含水率與溫度顯著地影響碾米率，在含水率 9% 至 15% 的範圍內，含水率越低碾米率越高。在本實驗範圍內碾米率隨溫度的增加而略有增加。儲藏時間對稻穀碾米率沒有顯著的影響，而糙米碾米率則在儲藏 60 天以後有降低的趨勢。
4. 含水率、溫度與儲藏時間皆顯著地影響糙米脂肪酸含量。在本實驗中只有低含水率、低儲藏溫度的條件下才會有較低的脂肪酸度。
5. 在本實驗環境條件內建立的迴歸方程式用於預測碾米率或脂肪酸度，在各不同的條件下預期值與實驗值差異甚小，顯示這些方程式能作有效的預測。

八、對今後研究工作的建議

對今後稻穀儲藏的研究作以下的建議：

1. 儲藏時間應延長到 9 至 18 個月，以研究長期儲藏對碾米率的影響。
2. 將動平衡含水率 (Dynamic Equilibrium Moisture Content) 的恒溫恒濕密閉儲藏，與靜平衡含水率 (Static Equilibrium Moisture Content) 恒溫恒濕密閉儲藏作一比較，以期作為通風儲藏的理論基礎。達成動平衡含水率的試驗設備可參考 Bosin 等 (1970) 的報告。
3. 本省一般穀倉，夏季倉內溫度常高達 38°C 左右，

因此建議擴大溫度範圍，減小溫度差距，深入研究溫度對稻穀儲藏品質的影響。

4. 研究不同品種的稻穀，在各儲藏條件下，其品質間變化及差異。

參 考 文 獻

1. 張森富 1976. 農工學報第 22 卷第三期 68-73.
2. 河野常盛 1965. 米穀の低溫貯藏の理論と實用化の研究，東京低溫倉庫出版部。
3. Bosin, W. A., Easthouse, H. D. 1970. Rapid method for obtaining humidity equilibrium data. Food Tech. 24(10): 113-136.
4. Grist, D. H. 1959. Rice. Third edition. Longmans, Green and Co., New York.
5. Hunter, I. R., Houston, D. F. and Kester, E. B. 1951. Development of free fatty acids during storage of brown (husked) rice. Cereal Chem. 28: 232-238.
6. Kunze, O. R. and Hall, C. W. 1965. Relative humidity changes that cause brown rice to crack. Trans. of the ASAE 8(3): 396-399, 405.
7. Lee, K. W. 1972. Effects of Temperature and moisture content on mechanical properties of rice. Unpublished Ph. D. Dissertation. Texas A & M University.
8. Maa, T. J. 1974. The effect of temperature and time on the mechanical properties of lightly milled rice. Unpublished M. S. Thesis. Texas A & M University.
9. Matthew, J., Abadie, T., Deobald, H. J. and Freeman, C. C. 1970. Relation between head rice yields and defective kernel in rough rice. Rice Journal 73(10): 6-12.
10. Smith, W. D., Mercera, W. Jr. 1951. Where breakage occurs in the milling of rice. Rice Journal 45(2): 14-15.
11. Zeleny, L., and Coleman, D. A. 1938. Acidity in cereals and cereal products, its determination and significance. Cereal Chem. 15: 580-595.

圖 書 消 息

本會承各機關團體及會員陸續捐贈書刊，茲將贈書者大名刊登以表謝意。

捐 贈 者	書 名、卷 期 與 年 月	冊 數
中國工程師學會	工 程 50 卷 6, 10, 11, 12 期, 51 卷 1, 2, 3 期	7
經濟部中央標準局	標準公報 4 卷 12 期, 5 卷 1, 2, 3 期	4
水利通訊月刊社	水利通訊 24 卷 7, 8, 9, 10 期	4
臺灣農村雜誌社	臺灣農村 13 卷 10 期	1
日本農業土木學會	農業土木學會論文集 71, 72, 73 號	3
	農業土木學會會誌 45 卷 10, 11, 12 號, 46 卷 1, 2, 3 號	6
芬蘭水經濟、水力及農業工程學會	VESITALOUS 4, 5, 6 / 1977	3
中國電機工程學會	電 工 20 卷 4 期	1
經濟部水溪源統一規劃委員會	臺北地區水源污染改善 66 度工作報告 66 年 9 月	1
臺灣水利出版社	臺灣水利 25 卷 4 期	1
中華顧問工程司	通 訊 15 期	1
中國紡織學會	會務通訊 8 期	1
臺灣公路工程月刊社	臺灣公路工程 4 卷 5 期	1
金屬工業發展中心	金 工 11 卷 6 期, 12 卷 1 期	2
行政院國家科學委員會	科技期刊論文索引	1
中國測量工程學會	測量工程 19 卷 4 期	1
國立臺灣大學水資源研究小組	暴雨對環境之影響研討會研討集	1
世界反共聯盟中國分會	關於鄧小平	1
	蘇聯新憲法之剖析	1
國立臺灣大學農學院	農學院研究報告 17 卷 2 號	1